
**RISCraft-V: Uso do Minecraft para a
Materialização de uma Experiência que Suporte
o Ensino de Sistemas Digitais e Arquitetura e
Organização de Computadores**

Enzo Weder Moreira Amorim



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO
BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Enzo Weder Moreira Amorim

**RISCraft-V: Uso do Minecraft para a
Materialização de uma Experiência que Suporte
o Ensino de Sistemas Digitais e Arquitetura e
Organização de Computadores**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Faculdade de Computação da Universidade
Federal de Uberlândia, Minas Gerais, como
requisito exigido parcial à obtenção do grau de
Bacharel em Sistemas de Informação.

Área de concentração: Sistemas de Informação

Orientador: Professor Diego Nunes Molinos

Monte Carmelo - MG

2026

*Este trabalho é dedicado à meus amigos e familiares, por me motivarem a sempre ir
mais longe*

Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiro ao meu orientador Professor Diego Molinos, por acreditar no potencial desse trabalho e também em mim, e à minha amiga Athina Strini, pela sua essencial parceria no desenvolvimento desse trabalho. Quero agradecer também à minha namorada, aos meus amigos e aos meus familiares, por acreditarem em mim mais do que eu mesmo acredito, me motivando a sempre ir mais longe do que eu me imaginava ser capaz. Agradeço ao meu amigo Vinícius Barreto, por me ajudar a chegar em lugares que eu nunca teria chego sozinho. Também agradeço à Universidade Federal de Uberlândia por ter me aberto inúmeras portas, me permitido conhecer pessoas hoje essenciais para minha vida, e por ter sido uma etapa essencial na minha jornada até aqui.

“O medo mata a mente. O medo é a pequena morte que leva à aniquilação total. Enfrentarei meu medo. Permitirei que passe por cima e através de mim. E, quando tiver passando, voltarei o olho interior para ver seu rastro. Onde o medo não estiver mais, nada haverá. Somente eu restarei.”
(Duna - Frank Herbert)

Resumo

A reinvenção dos processos de aprendizagem tem sido objeto constante de investigação na sociedade contemporânea, especialmente diante do modelo atual das redes sociais, baseado em estímulos de recompensa imediata, o que impõe a necessidade de incorporar metodologias capazes de tornar o aprendizado mais interativo e de despertar o engajamento ativo dos estudantes. Nesse contexto, abordagens voltadas ao redesenho dos processos educacionais com foco à interatividade, como os jogos sérios, têm ganhado espaço no campo da informática na educação, sobretudo no ensino de disciplinas que envolvem o baixo nível da computação, tais como Sistemas Digitais e Arquitetura e Organização de Computadores, que, por sua natureza, demandam maior capacidade de abstração por parte dos estudantes. O uso de jogos sérios revela-se um passo efetivo para a reinvenção dos processos de aprendizagem, tornando-se ainda mais produtivo quando apoiado claramente por teorias de aprendizagem e pelo uso de narrativas que favorecem a imersão. Todavia, as experiências de jogos sérios comumente adotadas, em sua maioria, carecem da combinação entre um embasamento teórico explícito em teorias de aprendizagem e a aplicação de um método de avaliação de aprendizado não disruptivo, como a Avaliação Silenciosa. Diante desse contexto, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma experiência imersiva apoiada na teoria do socio-interacionismo, que aborde conceitos fundamentais do conteúdo programático das disciplinas de Sistemas Digitais (SD) e Arquitetura e Organização de Computadores (AOC) utilizando o *Minecraft*. O RISCraft-V, quando comparado a outros trabalhos similares, incorpora de maneira única o socio-interacionismo, ferramentas de construção de narrativa, abordagem multidisciplinar, jogos sérios e a Avaliação Silenciosa para o desenvolvimento de uma experiência educacional. Os resultados obtidos apontam para o potencial da experiência em enriquecer o processo de aprendizado nas disciplinas de SD e AOC, ressaltando também a possibilidade de adaptação da experiência para uma abordagem ainda mais abrangente.

Palavras-chave: Minecraft, Jogos Sérios, Socio-interacionismo, Educação Superior.

Abstract

The reinvention of learning processes has been a constant subject of investigation in contemporary society, especially given the current model of social networks, based on immediate reward stimuli, which imposes the need to incorporate methodologies capable of making learning more interactive and awakening active student engagement. In this context, approaches aimed at redesigning educational processes with a view to interactivity, such as serious games, have gained ground in the field of informatics in education, particularly in teaching disciplines that involve the low level of computing, such as Digital Systems and Computer Architecture, which, by their nature, demand greater abstraction capacity from students. The use of serious games proves to be an effective step towards reinventing learning processes, becoming even more productive when clearly supported by learning theories and the use of narratives that favor immersion. However, commonly adopted serious game experiences, for the most part, lack the combination of an explicit theoretical basis in learning theories and the application of a non-disruptive learning assessment method, such as Stealth Assessment. Given this context, this work aims to develop an immersive experience supported by the theory of socio-interactionism, which addresses fundamental concepts of the syllabus of the disciplines of *Digital Systems* (DS) and *Computer Organization and Architecture* (COA) using *Minecraft*. RISCraft-V, when compared to other similar works, uniquely incorporates socio-interactionism, narrative construction tools, a multidisciplinary approach, serious games, and Stealth Assessment for the development of an educational experience. The results obtained point to the potential of the experience to enrich the learning process in the disciplines of DS and COA, also highlighting the possibility of adapting the experience for an even more comprehensive approach.

Keywords: Minecraft, Serious Games, Socio-interacionism, Higher Education.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Método: Fluxograma de Atividades	25
Figura 2 – Desenvolvimento: Planta do RISCraft-V	33
Figura 3 – Desenvolvimento: Conjunto de Instruções Base do RV32I	40
Figura 4 – Desenvolvimento: Fundação do RISCraft-V	45
Figura 5 – Desenvolvimento: Desafios Incorporados no RISCraft-V	46
Figura 6 – Experimentos: Gráfico das Respostas sobre Usabilidade	50
Figura 7 – Experimentos: Gráfico das Respostas sobre a Experiência do Jogador	51
Figura 8 – Desafio SD-01	59
Figura 9 – Desafio SD-02	60
Figura 10 – Desafio SD-03	60
Figura 11 – Desafio SD-04	61
Figura 12 – Desafio SD-05	61
Figura 13 – Desafio SD-06	62
Figura 14 – Desafio SD-07	62
Figura 15 – Desafio SD-08	63
Figura 16 – Desafio AC-01	63
Figura 17 – Desafio AC-02	64
Figura 18 – Desafio AC-03	64
Figura 19 – Desafio AC-04	65
Figura 20 – Desafio AC-05	65
Figura 21 – Desafio AC-06	66
Figura 22 – Desafio AC-07	66
Figura 23 – Panorama Geral do RISCraft-V	67
Figura 24 – Entrada do RISCraft-V	68
Figura 25 – Estudante Iniciando no RISCraft-V	68
Figura 26 – Área Inicial do RISCraft-V	69
Figura 27 – Entrada da Sala A do Desafio SD-01	69
Figura 28 – Sala A do Desafio SD-01	70

Figura 29 – Sala B do Desafio SD-01	70
Figura 30 – Sala A do Desafio AOC-04	71
Figura 31 – Sala B do Desafio AOC-04	71

Lista de tabelas

Tabela 1	– Síntese dos trabalhos correlatos	22
Tabela 2	– Requisitos do RISCraft-V	29
Tabela 3	– Requisitos dos Desafios	31
Tabela 4	– Componente Prático dos Desafios de Sistemas Digitais	36
Tabela 5	– Desafios de Arquitetura e Organização de Computadores	38
Tabela 6	– Requisitos da Narrativa	44
Tabela 7	– Requisitos para Validação dos Desafios	47
Tabela 8	– Dimensões do Formulário MEEGA+ Aplicado	49

Lista de siglas

AOC Arquitetura e Organização de Computadores

COA *Computer Organization and Architecture*

DS *Digital Systems*

EX Execução - *Execution*

IF Recuperação de Instrução - *Instruction Fetch*

ID Decodificação de Instrução - *Instruction Decode*

LSU Unidade *Load-Store* - *Load-Store Unit*

MEM Acesso a Memória - *Memory Access*

SD Sistemas Digitais

ULA Unidade Lógico-Aritmética

WB Escrita de Volta - *Write-Back*

ZDP Zona de Desenvolvimento Proximal

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Motivação	16
1.2	Hipótese	16
1.3	Objetivos	17
1.4	Contribuições	17
1.5	Organização do Documento	18
2	REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1	Arcabouço Conceitual	19
2.1.1	Ensino de Sistemas Digitais e Arquitetura e Organização de Computadores	19
2.1.2	Sociointeracionismo de Vigotski	20
2.1.3	Jogos Sérios	20
2.1.4	Avaliação Silenciosa	21
2.1.5	<i>Minecraft</i> no Ensino Superior	21
2.2	Trabalhos Correlatos	22
2.2.1	Síntese dos Trabalhos Correlatos	22
3	METODOLOGIA	24
3.1	Caracterização do Problema	24
3.1.1	Percepção da Dificuldade do Ensino de AOC e SD	24
3.1.2	Análise de Propostas de Modernização do Ensino de AOC e SD	25
3.1.3	Levantamento de Requisitos	26
3.2	Especificação e Desenvolvimento	27
3.2.1	Design e Especificação	27
3.2.2	Implementação da Experiência	27
3.3	Validação e Resultados	28
4	REQUISITOS DO RISCRAFT-V	29

5	DESENVOLVIMENTO	31
5.1	Desenvolvimento dos Desafios	31
5.1.1	Avaliação Silenciosa	33
5.1.2	Desafios de Sistemas Digitais	34
5.1.3	Desafios de Arquitetura e Organização de Computadores	37
5.2	Desenvolvimento da Narrativa	43
5.3	Implementação da Experiência	45
6	EXPERIMENTOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS	47
6.1	Validação dos Desafios	47
6.2	Testes Preliminares	48
7	CONCLUSÃO	52
7.1	Principais Contribuições	52
7.2	Trabalhos Futuros	53
7.3	Disponibilidade de Artefatos	53
	REFERÊNCIAS	55
	 APÊNDICES	 58
	APÊNDICE A – DESAFIOS	59
	APÊNDICE B – PANORAMA	67

Introdução

O constante movimento de reinvenção dos processos de ensino e aprendizagem, com ênfase na incorporação de tecnologias educacionais que promovem o engajamento ativo dos estudantes, tem-se tornado cada vez mais evidente na sociedade contemporânea, contexto em que ferramentas e métodos para a inovação caminham para a ubiquidade em diversas esferas do ensino.

Nos cursos superiores da área de computação, algumas disciplinas mostram-se particularmente desafiadoras aos estudantes por abordarem conceitos de baixo nível de abstração Silva, Oliveira e Fernandes (2018). Nesse contexto, o baixo engajamento dos estudantes merece destaque, pois tende a dificultar ainda mais o aprendizado em disciplinas que já são, por natureza, complexas.

No contexto das disciplinas desafiadoras que compõem as grades dos cursos de computação, destacam-se Arquitetura e Organização de Computadores (AOC) e Sistemas Digitais (SD), cujos conteúdos se concentram em abordar conceitos de baixo nível de abstração. Tais disciplinas costumam configurar-se como desafios para os estudantes, especialmente quando inseridas nos semestres iniciais dos currículos (SILVA; OLIVEIRA; FERNANDES, 2018; BRUM; PINHO; CAMARGO, 2017).

O crescimento nos estudos sobre inovação no ensino não é casual. Diante da adoção progressivamente mais disseminada de conteúdos em redes sociais baseados em estímulos de recompensa imediata, instaura-se um contexto em que técnicas de inovação no ensino, focadas em engajar os estudantes, deixam de ser apenas um avanço e passam a se configurar, cada vez mais, como uma necessidade.

A literatura destaca o uso de simuladores digitais como ferramenta para mitigar os desafios no processo de aprendizagem por meio da inovação do processo de ensino Silva, Oliveira e Fernandes (2018), Brum, Pinho e Camargo (2017). No entanto, observa-se que essas ferramentas, embora sejam constantemente atualizadas, proporcionam uma experiência de imersão limitada e pouco interativa para o estudante.

Nesse contexto, métodos de inovação do ensino voltados para a imersão destacam-se, como a gamificação e os jogos sérios, que promovem uma reelaboração do formato

tradicional de ensino, transformando o estudante em protagonista do próprio aprendizado (SOUZA, 2017; ABT, 1987).

Os estudos que exploram o uso da gamificação Silva, Oliveira e Fernandes (2018), Omuna e Goulart (2023), Santos et al. (2023), Andrade (2021), Tonhão et al. (2023) e o uso de jogos sérios Andersen e Rustad (2022), Gama et al. (2024), Cagnini et al. (2015), Abbasi e Kazi (2020) como estratégias para o engajamento dos estudantes divergem quanto à abordagem, mas convergem no objetivo de analisar o engajamento e a eficiência desses novos métodos educacionais.

A adoção de jogos sérios tem se mostrado particularmente eficaz para aumentar o engajamento dos estudantes na área de computação, devido ao seu caráter imersivo e interativo. Tão grande é sua relevância que um modelo específico para avaliação de jogos educacionais voltados ao ensino de computação foi desenvolvido Petri, Wangenheim e Borgatto (2019), o qual possui notável presença na literatura de informática na educação (WANGENHEIM; PETRI; BORGATTO, 2025).

A eficácia natural da utilização de jogos sérios para a criação de experiências engajadoras e imersivas, constatada em estudos como Andersen e Rustad (2022), Gama et al. (2024), Cagnini et al. (2015), Abbasi e Kazi (2020), mostra-se promissora para o processo de aprendizado de diversos estudantes. No entanto, por tais experiências revelarem-se satisfatórias para o engajamento por si só, estabeleceu-se uma lacuna quanto ao apoio explícito em teorias de aprendizagem.

As teorias da aprendizagem surgiram com o propósito de explicar como os indivíduos adquirem conhecimento, evoluindo de abordagens comportamentais para perspectivas cognitivas e interacionistas. Nesse sentido, o suporte em teorias da aprendizagem para a fundamentação de experiências inovadoras no ensino revela-se como passo essencial para a construção de métodos sólidos e consistentes de aprendizado.

Os jogos sérios, em especial aqueles que oferecem a funcionalidade multijogador, devido ao seu caráter naturalmente interativo e imersivo, mostram-se compatíveis com a teoria de aprendizagem do sociointeracionismo Vigotsky (1991). Essa teoria postula que o processo de aprendizagem ocorre por meio de interações com o meio, interações sociais e vivência cultural.

Diante desse cenário, o *Minecraft* revela-se uma alternativa viável para a implementação de experiências de jogos sérios, uma vez que seu modo multijogador, aliado aos aspectos de *sandbox* que permitem alto nível de personalização, indica seu potencial como plataforma para o desenvolvimento de uma experiência fundamentada no sociointeracionismo. Além disso, a flexibilidade de personalização proporcionada pelo jogo viabiliza a adoção de recursos para o aumento da imersão, como a construção de uma narrativa que contextualize a experiência.

Tratando-se da imersão proporcionada por jogos sérios, a incorporação de elementos narrativos que contextualizem o papel ativo do estudante no processo de aprendizagem

apresenta-se como um passo natural na evolução do método. Tal abordagem enriquece a experiência do usuário e promove um mergulho ainda mais profundo dos estudantes em ambientes nos quais o aprendizado ocorre de maneira interativa e engajadora.

Como objeto de estudo para a criação de experiências de jogo sério, as disciplinas de Sistemas Digitais e Arquitetura e Organização de Computadores, presentes nas grades do ensino superior na área da computação, destacam-se tanto por abordarem conceitos de baixo nível de abstração, o que as torna particularmente desafiadoras para os estudantes, quanto pela natureza de seus conteúdos fundamentais, que são naturalmente suscetíveis a métodos que auxiliem o processo de abstração. Essa característica é evidenciada pelo uso recorrente de simuladores no ensino dessas disciplinas (SILVA; OLIVEIRA; FERNANDES, 2018; BRUM; PINHO; CAMARGO, 2017).

Diante do cenário apresentado, inserido no contexto da busca pela inovação do processo de ensino de conceitos fundamentais de SD e AOC, a proposta deste trabalho consiste em validar a possibilidade de implementar uma experiência imersiva e sociointerativa de jogo sério, que aborde tais conceitos por meio do uso do *Minecraft*.

1.1 Motivação

Validar a possibilidade do uso do *Minecraft* como plataforma para a criação de experiências de jogo sério apoiadas em teorias do aprendizado permite destacar a possibilidade do desenvolvimento de experiências personalizadas para disciplinas que atualmente carecem de métodos inovativos imersivos que se apoiem em teorias do aprendizado sem a necessidade do contato direto com *game engines*.

No contexto da abordagem de SD e AOC, os desenvolvedores deste trabalho possuem conhecimento prévio acerca das possibilidades de materialização de circuitos digitais e de elementos da Arquitetura e Organização de Computadores no *Minecraft*, capacidades que foram postas à prova durante o desenvolvimento da pesquisa Amorim et al. (2024). Adicionalmente, o trabalho cooperativo envolvido no processo de implementação também proporcionou aos desenvolvedores o contato com o potencial do jogo na incorporação do sociointeracionismo.

Diante desse contexto, a utilização do *Minecraft* para o desenvolvimento da proposta busca validar as capacidades criativas do jogo, bem como evidenciar a viabilidade de criação de experiências educacionais personalizadas de maneira mais acessível e facilitada.

1.2 Hipótese

O uso de *Minecraft* permite a materialização de uma experiência imersiva sociointerativa de jogo sério que aborde conceitos fundamentais do conteúdo programático das disciplinas de Sistemas Digitais e Arquitetura e Organização de Computadores.

1.3 Objetivos

Este trabalho busca projetar e implementar uma experiência imersiva e sociointerativa materializada por meio do jogo *Minecraft*, que atue como um jogo sério para o ensino e a aprendizagem de conceitos fundamentais de Sistemas Digitais e Arquitetura e Organização de Computadores utilizando métodos de avaliação de aprendizado não disruptivos para evitar a quebra de imersão.

Todo o processo será guiado por objetivos que orientam a estratégia de desenvolvimento que estão postulados da seguinte forma:

1. Estabelecer um conjunto de requisitos generalistas de uma experiência de jogo sério que implemente um método não-disruptivo de avaliação de aprendizado e aborde conceitos de SD e AOC;
2. Revisitar e reestruturar o conjunto de requisitos generalistas para o contexto de desenvolvimento de desafios para a abordagem das disciplinas de SD e AOC;
3. Realizar o desenvolvimento da especificação e *design* dos desafios, atendendo aos requisitos específicos levantados.
4. Planejar uma narrativa que incorpore os conceitos fundamentais de SD e AOC e os desafios criados de forma contextualizada, buscando fundamentar a criação de uma experiência imersiva.
5. Incorporar a narrativa ao circuito de desafios e implementar uma experiência imersiva sociointerativa de jogo sério que aborde conceitos fundamentais do conteúdo programático das disciplinas de Sistemas Digitais e Arquitetura e Organização de Computadores.
6. Validar o *design* e a implementação dos desafios desenvolvidos.
7. Realizar testes preliminares com a experiência construída julgando-a como jogo sério.

1.4 Contribuições

No contexto de jogos sérios voltados ao Ensino Superior, existe uma lacuna de trabalhos que se apoiem claramente em teorias de aprendizagem, e uma maior ainda quanto a trabalhos que combinam uma teoria de aprendizado com o método de Avaliação Silenciosa, e mesmo os poucos que se propõe a trabalhar nessa temática, não foi identificado um que se propõe a desenvolver uma abordagem multidisciplinar que integre, de forma articulada, as disciplinas de SD e AOC.

A primeira contribuição desse trabalho se encontra na elaboração do *design* e da especificação de desafios voltados para a abordagem de conceitos fundamentais de SD e AOC incorporando o método da Avaliação Silenciosa. Esses desafios podem, individualmente, ser aplicados como uma maneira não convencional de avaliação de aprendizado.

A principal contribuição deste trabalho consiste na materialização de uma experiência imersiva e sociointeracionista de jogo sério, por meio da construção de uma narrativa integrada aos desafios, que aborda conceitos fundamentais de SD e AOC e se configura como uma proposta com potencial educacional passível de experimentação prática.

1.5 Organização do Documento

Este documento está estruturado da seguinte forma:

1. O Capítulo 1 contextualiza a problemática deste trabalho a um relato das soluções existentes. Neste capítulo também são apresentados os objetivos e as contribuições deste trabalho.
2. O Capítulo 2 apresenta o arcabouço conceitual, descrevendo o ensino de Sistemas Digitais e Arquitetura e Organização de Computadores, a teoria Sociointeracionista de Vigotski, o conceito de Jogos Sérios, o método de Avaliação Silenciosa e por último, o uso do *Minecraft* no Ensino Superior.
3. O Capítulo 3 descreve o método deste trabalho, detalhando os passos utilizados na construção do conhecimento.
4. O Capítulo 4 apresenta o levantamento e refinamento de requisitos utilizados para a especificação da experiência RISCraft-V.
5. O Capítulo 5 apresenta em detalhes o processo de especificação, *design* e implementação do RISCraft-V.
6. O Capítulo 6 elucida o processo de experimentação e resultados deste trabalho. Este capítulo é dividido em duas seções, a primeira abordando os testes funcionais dos desafios criados para a experiência e a segunda voltada para os testes do RISCraft-V como jogo.
7. O Capítulo 7 traz as considerações finais deste trabalho e as propostas para trabalhos futuros.

Revisão de Literatura

Este capítulo tem duas seções com objetivos complementares, a Seção 2.1 apresenta o arcabouço conceitual que fundamenta esse trabalho, e a Seção 2.2 traz trabalhos correlatos que guiaram o processo de formulação.

2.1 Arcabouço Conceitual

Uma contextualização apropriada deste trabalho exige a abordagem de conceitos que constituem o cerne da proposta. Primeiramente, é necessário compreender o ensino de Arquitetura e Organização de Computadores e Sistemas Digitais. Em seguida, apresenta-se uma sucinta introdução à abordagem sociointeracionista de Vigotski e como ela contribui para a criação e enriquecimento de experiências educacionais. Discute-se também os jogos sérios como método de inovação pedagógica, a Avaliação Silenciosa como método de avaliação de aprendizado e suas vantagens na construção de experiências educativas imersivas. Por fim, aborda-se o uso de *Minecraft* como ferramenta de apoio pedagógico no Ensino Superior.

2.1.1 Ensino de Sistemas Digitais e Arquitetura e Organização de Computadores

A disciplina de AOC, presente nas grades curriculares de cursos de computação, tem sido um desafio para os estudantes devido à presença de conteúdos de baixo nível de abstração quando comparada a outras disciplinas da mesma grade (SILVA; OLIVEIRA; FERNANDES, 2018).

Por sua vez, a disciplina de SD, também presente nos cursos de computação, introduz conceitos essenciais para o aprendizado de Arquitetura e Organização de Computadores, como o estudo do sistema binário, dos circuitos lógicos e do circuito Flip-Flop. A disciplina oferece, assim, uma base conceitual imprescindível para o aprendizado adequado de AOC.

No contexto da dificuldade que se apresenta no ensino dessas disciplinas, estudos destacam o uso de simuladores para mitigar os desafios no processo de aprendizagem Silva, Oliveira e Fernandes (2018). Os simuladores, embora exercitem satisfatoriamente conceitos cruciais das disciplinas, proporcionam uma experiência de imersão limitada, são pouco interativos e raramente se apoiam de forma clara em uma teoria de aprendizado para a construção da experiência do estudante.

2.1.2 Sociointeracionismo de Vigotski

A teoria sociointeracionista, desenvolvida por Lev Vigotski, considerado líder do soci-construtivismo, postula que o desenvolvimento humano e a aprendizagem ocorrem por meio de interações sociais e da vivência cultural (VIGOTSKY, 1991).

É importante ressaltar que, de acordo com Faria, Camargo e Venâncio (2020), assumir que a teoria vigotskiana serve apenas para crianças é um equívoco, o processo de aprendizagem é construído pelos indivíduos que dão sentidos às suas experiências, nas quais os sujeitos estão longe de ser uma tábula rasa que deve ser preenchida de conhecimentos, e sim estão à procura de significados.

A teoria também traz o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), a distância entre o que uma pessoa consegue fazer sozinha (desenvolvimento real) e o que ela pode aprender com auxílio (desenvolvimento potencial). Na ZDP, o processo de aprendizado pode ser mediado, guiando o aluno para encontrar soluções e desenvolver conhecimento, com a utilização de ferramentas ou experiências que atribuam um papel ativo ao aluno.

Nesse contexto, a teoria sociointeracionista ressalta a necessidade de experiências que atuem na mediação ao trazer imersão, responsividade e interação ao estudante durante o aprendizado.

2.1.3 Jogos Sérios

Os jogos sérios são definidos por Michael e Chen (2005) como jogos onde o propósito educacional é o objetivo principal em vez do entretenimento, não querendo significar que jogos sérios não possam ser divertidos. Em Abt (1987), destaca-se a ideia de que jogos são um método efetivo de ensino e treinamento para estudantes de quaisquer idades e em diversas situações devido ao seu caráter altamente motivador, interativo, imersivo e responsivo, além de comunicarem de maneira muito eficiente os conceitos e fatos de diversos assuntos.

A utilização de jogos sérios no ensino de Sistemas Digitais e Arquitetura e Organização de Computadores é abordada na literatura por estudos como os de Cagnini et al. (2015), Gama et al. (2024), em que o teor imersivo e interativo do método apresenta um grande potencial pedagógico. Nesse contexto, ao visar uma imersão ainda maior do estudante, o

uso de métodos de avaliação de aprendizado não disruptivos, como é o caso da Avaliação Silenciosa, pode ser uma peça-chave para a construção de uma experiência educacional efetiva de jogo sério.

2.1.4 Avaliação Silenciosa

A Avaliação Silenciosa, também conhecida como *Stealth Assessment*, descrita no trabalho de Shute e Ventura (2013), é uma abordagem em que o ambiente de aprendizagem adapta-se dinamicamente ao desempenho dos estudantes, direcionando-os a desafios com níveis de complexidade adequados à sua evolução, sem quebrar a imersão.

A utilização da Avaliação Silenciosa, aplicada em conjunto com os jogos sérios, em trabalhos voltados à inovação do ensino tem crescido, como evidenciado por Fellows, Braga e Dotta (2022), no qual se destaca o potencial do método para realizar a avaliação de aprendizagem em um contexto sociointeracionista, especialmente devido ao seu caráter não disruptivo.

Nesse contexto, a implementação do método de avaliação de aprendizado não-disruptivo se apresenta como uma abordagem viável para enriquecimento de experiências pedagógicas e aumento da imersão de estudantes, porém, para isto é necessária a utilização de plataformas que antecipam a possibilidade do uso do método ou que permitam um alto nível de personalização, como é o caso de *game engines*, como a *Unreal Engine* e *Unity*, e alguns jogos do gênero *sandbox*, os quais enfatizam a criatividade e a liberdade do jogador, tal como o *Minecraft*.

2.1.5 *Minecraft* no Ensino Superior

A utilização da plataforma *Minecraft* como suporte ao processo de ensino e aprendizagem não é novidade, a plataforma oferece uma ampla gama de recursos que potencializam o processo de aprendizagem, permitindo que os estudantes assumam simultaneamente os papéis de criadores e jogadores Rodrigues e Batista (2023). A partir de sua própria criatividade, os estudantes podem construir e reconstruir o ambiente, estimulando o pensamento construtivista juntamente com experiências imersivas e significativas (RODRIGUES; BATISTA, 2023; CAGNINI et al., 2015).

A escolha específica da adoção *Minecraft* para este trabalho e não de outros jogos também do gênero *sandbox*, como *Terraria* e *Roblox*, se deu principalmente devido a presença de funcionalidades nativas do jogo voltadas para a construção de circuitos digitais e também devido ao alto nível na granularidade da personalização ofertada pelo jogo, viabilizando a conceituação de um caminho para a implementação da Avaliação Silenciosa.

O uso do *Minecraft* como ferramenta de ensino fomenta estudos sobre sua aplicação prática Gama et al. (2024), Cagnini et al. (2015), e até mesmo uma versão focada em jogo sério, o *Minecraft: Education Edition* Microsoft (2016), foi criada pela empresa do jogo.

2.2 Trabalhos Correlatos

Como primeiro estudo de viabilidade desse trabalho, foram analisados estudos, buscados principalmente em anais de simpósios e *journals* voltados para a Informática na Educação, que contribuíram para a concepção da proposta, seja por adotarem o conceito de jogos sérios, serem aplicados a disciplinas usualmente abordadas no ensino superior ou por adotarem o método da Avaliação Silenciosa, mapeados na Tabela ??.

2.2.1 Síntese dos Trabalhos Correlatos

Tabela 1 – Síntese dos trabalhos correlatos

Trabalhos Correlatos	Jogo Sério	Ensino Superior	Avaliação Silenciosa	Multidisciplinar
(ANDERSEN; RUSTAD, 2022)	✓	✓		
(GAMA et al., 2024)	✓	✓		
(CAGNINI et al., 2015)	✓	✓		
(ABBASI; KAZI, 2020)	✓	✓	✓	
RISCraft-V	✓	✓	✓	✓

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O trabalho de Andersen e Rustad (2022) contribuiu ao evidenciar o uso do *Minecraft* para a construção de uma experiência imersiva e cativante, onde ao abordar os aspectos de suporte a experiências multijogadores, mundo aberto e jogabilidade não-linear da plataforma, foi possível a criação de abordagens lúdicas de ensino que se mostraram eficientes em aulas de matemática no ensino superior em um período de 2 anos, implementando a abordagem pedagógica do aprendizado colaborativo assistido por computadores.

No trabalho de Gama et al. (2024), o *Minecraft* foi utilizado para a construção de uma aventura que aborda conceitos de Sistemas Digitais onde os temas abordados tinham sua separação baseada em laboratórios de aprendizagem complementada com uma fase de estudo teórico com documento textual. Esse trabalho, ao prover um exemplo de como abordar separadamente os conceitos da disciplina, contribuiu para a construção de um método para organização, definição de escopo e encadeamento baseado em fases em uma experiência educativa no *Minecraft*.

Em Cagnini et al. (2015), o *Minecraft* foi utilizado para o ensino de Sistemas Digitais com a utilização de um circuito de desafios sequenciais implementado na plataforma. Estes desafios foram ordenados em nível crescente de dificuldade e foram incorporados em um contexto de aventura, trazendo um teor mais imersivo pra experiência. A solução de cada desafio exigia a aplicação dos conceitos adquiridos nas aulas teóricas de Sistemas Digitais. O trabalho, ao integrar um circuito de desafios a um contexto de aventura, visando aumentar a imersão, contribuiu com métodos para a organização e a cativação de estudantes.

O trabalho de Abbasi e Kazi (2020), ao utilizar a Avaliação Silenciosa aplicada a um jogo sério para abordar o paradigma de orientação a objetos, contribuiu ao evidenciar o potencial do uso simbiótico dos conceitos no enriquecimento da experiência de usuário e aumento da imersão de estudantes no processo de aprendizado provido pelo jogo.

Metodologia

Este capítulo se destina a detalhar o método de pesquisa adotado para este trabalho, sendo os principais objetivos: (i) descrever a sequência de passos realizados na construção da proposta; e (ii) definir o escopo de trabalho.

Conforme Prodanov e Freitas (2013) e Marconi e Lakatos (2003), o método hipotético-dedutivo, que é adotado por esse trabalho, se inicia com a percepção do problema, seguida da formulação de hipótese de pesquisa e então a definição de uma solução para pôr à prova a hipótese estipulada.

Em Wazlawick (2020), aponta-se que o objetivo da pesquisa exerce um papel crucial na definição do método, sendo a clara definição dos objetivos condição necessária para a sua construção. Considerando que o objetivo principal deste trabalho é validar a possibilidade de uso do *Minecraft* para a materialização de uma experiência imersiva e sociointerativa de jogo sério, abordando conceitos fundamentais do conteúdo programático das disciplinas de SD e AOC, o método adotado contempla etapas de especificação, desenvolvimento e validação da proposta por meio de testes, conforme ilustrado na Figura 1. No presente trabalho, essa validação será realizada por meio de testes conduzidos pelos próprios desenvolvedores.

3.1 Caracterização do Problema

O foco desse trabalho é a busca pela viabilização de um método inovativo para a modernização da abordagem de conceitos do conteúdo programático das disciplinas de SD e AOC.

3.1.1 Percepção da Dificuldade do Ensino de AOC e SD

A caracterização do problema teve início com a constatação da dificuldade de estudantes dos cursos de computação com disciplinas que tratam de conteúdos de baixo nível de

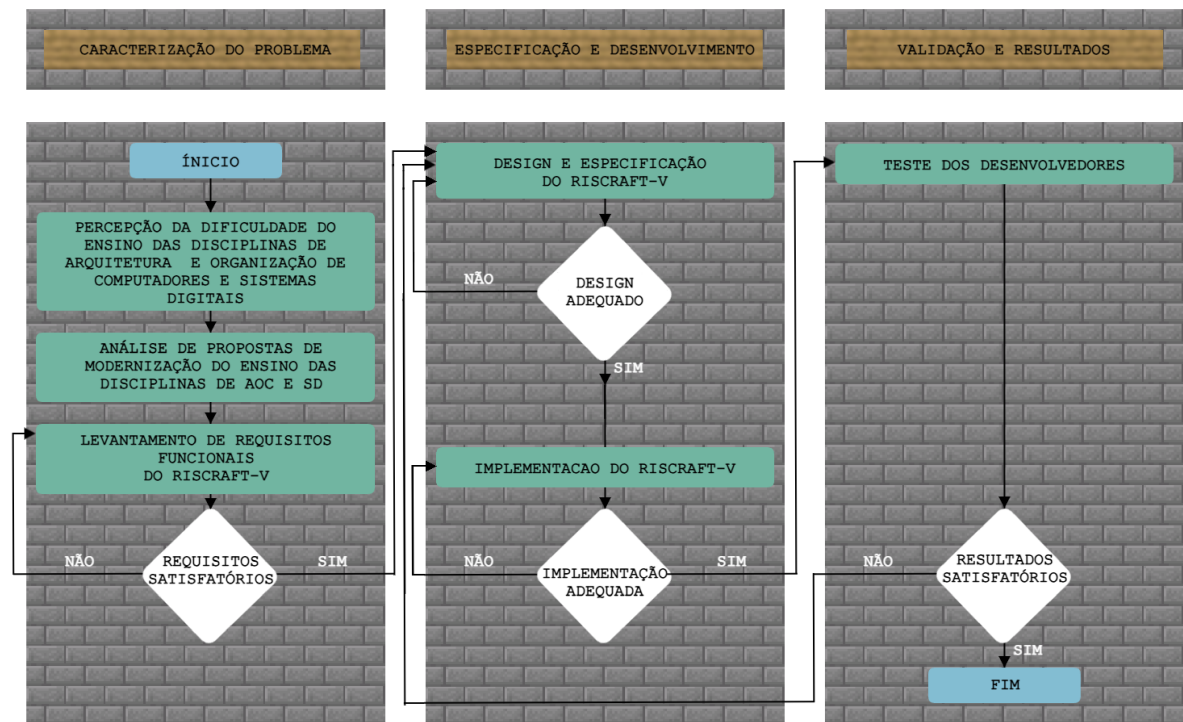


Figura 1 – Método: Fluxograma de Atividades

abstração em relação a outras disciplinas, como o caso de Sistemas Digitais e Arquitetura e Organização de Computadores (SILVA; OLIVEIRA; FERNANDES, 2018).

Nessas disciplinas, usualmente, é empregado o uso de simuladores para mitigar os desafios do processo de aprendizagem Silva, Oliveira e Fernandes (2018), porém, a experiência de usuário com imersão limitada e pouco interativa, por vezes, desestimula o interesse dos estudantes, e, nesse contexto, propostas que incorporam jogos sérios se tornam alternativas atraentes.

3.1.2 Análise de Propostas de Modernização do Ensino de AOC e SD

Essa etapa focou na análise de propostas que se aproximavam dos objetivos deste trabalho, ou seja, propostas que buscavam incorporar o uso de jogo sério no ensino superior em disciplinas dos cursos de computação para modernizar o processo de aprendizado de forma a torná-lo mais interativo e imersivo. Para direcionamento da análise das propostas, essa etapa envolveu:

- ❑ Análise de soluções de jogo sério que abordam disciplinas de cursos de computação de Ensino Superior, focando principalmente na receptividade e na avaliação das soluções por parte dos alunos;

- ❑ Compreensão da organização, do apoio em teorias de aprendizado e do emprego de métodos avaliativos de aprendizado nas soluções;
- ❑ Análise das especificações e mecanismos utilizados para organização, materialização, e abordagem do conteúdo programático das soluções;

Essa etapa foi essencial para o desenvolvimento desse trabalho, na qual foi possível identificar que as abordagens de jogo sério presentes na literatura raramente implementaram métodos não-disruptivos de avaliação de aprendizado, e quando implementaram, o foco foi em disciplinas não correlacionadas a SD e AOC. Foi também possível observar os métodos empregados para a construção das experiências, em que a abordagem do conteúdo tinha sua organização baseada em fases, laboratórios de aprendizado ou circuitos de desafios.

3.1.3 Levantamento de Requisitos

As experiências de jogos sérios usados como trabalho correlato, ao possuírem diferentes métodos de organização e ao usarem até mesmo plataformas diferentes para a implementação, permitiram a realização de um levantamento de requisitos essenciais para que o RISCraft-V possa ser materializado. Para a construção do conjunto de requisitos, esta etapa envolveu:

- ❑ Análise do conteúdo programático das disciplinas para mapeamento de conceitos fundamentais a serem abordados pelo RISCraft-V;
- ❑ Análise funcional dos trabalhos correlatos de jogos sérios;
- ❑ Análise do emprego de métodos para aumento da imersão, como a incorporação de narrativas ou contextos de aventura;
- ❑ Compreensão das necessidades básicas para abordar o conteúdo das disciplinas de SD e AOC;
- ❑ Definição das estruturas essenciais para a materialização e abordagem de conceitos de SD e AOC;
- ❑ Compreensão das necessidades para instituição do método de Avaliação Silenciosa;
- ❑ Definição das estruturas essenciais para a incorporação da Avaliação Silenciosa no *Minecraft*;
- ❑ Refinamento da análise realizada nos tópicos anteriores contextualizada aos recursos e limites que o *Minecraft* possui;

Esta etapa teve como objetivo a instituir o conjunto de requisitos do RISCraft-V, onde para esse levantamento foi necessário a compreensão, ainda que primitiva, de quais tópicos seriam abordados pela experiência, como seriam abordados, e de que forma incorporariam a Avaliação Silenciosa. Para serem considerados adequados, os requisitos deveriam incorporar todas as características da experiência proposta na Seção 1.3, como a abordagem de SD e AOC, sociointeracionismo, imersão e avaliação de aprendizado não-disruptivo.

3.2 Especificação e Desenvolvimento

Com a finalização do levantamento de requisitos, foi iniciada a etapa de especificação e desenvolvimento do trabalho. Esta etapa foi dividida em dois momentos: (i) Criar o *design* e especificação e (ii) Implementar a Experiência.

3.2.1 Design e Especificação

A especificação e o *design* do RISCraft-V tiveram início com um mapeamento de métodos para a materialização de conceitos fundamentais das disciplinas de SD e AOC, tais como circuitos lógicos, registradores, recuperação de informações, Unidade Lógico-Aritmética (ULA), decodificação de instruções, *pipelines* e memória cache.

O objetivo desse mapeamento foi esquematizar desafios que abordassem esses conceitos e permitissem o encadeamento entre si, além de viabilizar a implementação da Avaliação Silenciosa no *Minecraft*. Esse estudo foi fundamental para a obtenção de uma visão geral da organização e da dimensão do RISCraft-V, contribuindo diretamente para o processo de *design* da experiência.

O *design* do ambiente iniciou-se com a organização e encadeamento de desafios que abordam individualmente os conceitos escolhidos para compor o escopo do trabalho, em seguida, para cada um dos desafios implementados, foram esquematizadas variações com diferentes níveis de dificuldade, e por último, as estruturas desenhadas foram agrupadas em uma planta conjunta como preparo para a implementação.

O *design* para ser considerado adequado deveria atender aos requisitos levantados para as etapas de desenvolvimento, presentes nas Tabelas 3 e 6.

3.2.2 Implementação da Experiência

Após a finalização da etapa de *design* e especificação, a implementação teve início, na qual a planta construída tomou forma com a utilização do *Minecraft*; os desafios e suas variações foram implementados, encadeados e incorporados em um mapa contínuo que busca guiar os jogadores em uma jornada educativa sociointerativa que permite um papel ativo dos estudantes no processo de aprendizado.

A implementação adequada deveria atender, simultaneamente, a todos os requisitos presentes nas tabelas 2, 3 e 6.

3.3 Validação e Resultados

Essa etapa institui os métodos que foram empregados para a validação do cumprimento dos objetivos desse trabalho. A possibilidade da conclusão da implementação já se apresenta como parte da fase de validação, onde a materialização dos desafios planejados na fase de *Design* e Especificação exerce um papel fundamental para o cumprimento do objetivo de construir uma experiência que aborde os conteúdos de SD e AOC.

Complementarmente, essa etapa do método também englobou testes realizados pelos desenvolvedores, Enzo Weder Moreira Amorim e Athina Galassi Strini, estudantes do curso de Sistemas de Informação da Universidade Federal de Uberlândia, focados na validação funcional dos desafios, seguidos de testes preliminares voltados para avaliação do RISCraft-V como jogo sério que foram realizados com o uso do formulário MEEGA+ após o contato dos desenvolvedores com a experiência concluída.

Para atingir o estado satisfatório, os resultados dos testes funcionais deveriam atender aos requisitos da tabela 7. Os resultados coletados com o uso do MEEGA+¹, ao serem aplicados apenas em uma etapa de testes preliminares, não foram considerados métrica para a definição de que os resultados são satisfatórios.

Antes de abordarmos o processo de desenvolvimento, é importante detalharmos quais requisitos foram utilizados como guia para a especificação, o *design* e a implementação do trabalho.

¹ O MEEGA+, Wangenheim, Petri e Borgatto (2025), é um modelo de avaliação de qualidade para jogos educacionais com foco principal no ensino de computação. Ele analisa a experiência do jogador e a aprendizagem percebida, fornecendo um questionário padronizado para que alunos e instrutores avaliem fatores como desafio, satisfação, interação social, diversão e aprendizado.

Requisitos do RISCraft-V

O RISCraft-V, como trabalho, almeja validar a possibilidade de materializar, com o *Minecraft*, uma experiência que aborde conceitos fundamentais de SD e AOC, que permita o exercício de sociointeracionismo, que tenha um teor imersivo e que incorpore a Avaliação Silenciosa tanto para permitir a avaliação do processo de aprendizado dos estudantes quanto para estimular o engajamento com exercícios que desafiem o estudante de acordo com a evolução demonstrada. Nesse contexto, o levantamento de requisitos significa compreender como o trabalho pode e deve incorporar as características planejadas.

Tabela 2 – Requisitos do RISCraft-V

Identificação	Requisito	Descrição
R-01	Conceitos fundamentais	Experiência deve conter desafios funcionais que abordem os conceitos fundamentais das disciplinas de SD e AOC
R-02	Sociointeracionismo	Experiência deve permitir o exercício do sociointeracionismo através da interação social e cultural
R-03	Imersão	Experiência deve ter um <i>design</i> engajador, interativo e com narrativa envolvente
R-04	Avaliação Silenciosa	Os desafios presentes na experiência devem implementar a Avaliação Silenciosa para avaliação de aprendizado

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

No contexto da abordagem de conceitos fundamentais das disciplinas, a utilização de laboratórios de aprendizado em Gama et al. (2024) e em circuito de desafios por Cagnini et al. (2015) apresentou um método de organização para a abordagem individual e sequencial do conteúdo presente no escopo do trabalho, que deve ser empregado para a materialização de desafios personalizados para cada um dos tópicos a serem trabalhados.

Para o estímulo do exercício do sociointeracionismo, devem ser implementados os *designs* e as especificações previamente desenvolvidas, de forma a exigir que dois estudantes, em áreas espacialmente separadas, se comuniquem entre si para cooperativamente realizarem a interpretação e a compreensão do problema e, então, prossigam, em conjunto, para o planejamento e a implementação de uma solução.

No contexto da imersão, a adoção de jogos sérios mostra-se um passo crucial. Inspirada

pelos trabalhos correlatos, em especial Cagnini et al. (2015), a criação de um contexto narrativo de aventura deve ser incorporada ao jogo sério, orientando os estudantes em seu papel ativo na solução dos desafios, permitindo-lhes avançar simultaneamente no circuito de desafios e na história construída.

Por último, o planejamento deve prever a incorporação da Avaliação Silenciosa, considerando que sua implementação impactará os requisitos previamente estipulados. A necessidade de adaptar a aventura à evolução dos estudantes exige o desenvolvimento de métodos personalizados para mapear e avaliar a interação realizada por eles na conclusão dos desafios. Além disso, é fundamental que essa aferição ocorra de forma não disruptiva, de modo a não comprometer a imersão dos estudantes nem descaracterizar o método em si.

A partir da definição e do refinamento dos requisitos, apresentados na Tabela 2, foram identificadas as funções, características e papéis que o RISCraft-V deve incorporar, possuir e cumprir. Com isso, os requisitos estabelecidos permitiram o avanço para a etapa de desenvolvimento.

Desenvolvimento

O desenvolvimento desse trabalho se deu em três etapas, as quais serão apresentadas como seções desse capítulo, sendo elas: (i) Seção 5.1, que apresenta o desenvolvimento dos desafios, (ii) Seção 5.2 que apresenta o desenvolvimento da narrativa e (iii) Seção 5.3 que apresenta a integração dos desafios na narrativa para a construção da experiência final.

5.1 Desenvolvimento dos Desafios

Nesta seção, adotou-se uma abordagem de *design* modular, na qual cada desafio foi desenvolvido de forma independente. Essa estratégia visou proporcionar maior granularidade tanto no processo de desenvolvimento quanto na validação.

Os requisitos levantados no capítulo anterior foram revisitados e reestruturados de forma a contextualizá-los no cenário de *design* de desafios, gerando dessa forma um novo conjunto de requisitos, presentes na Tabela 3, que cada *design* deveria atender individualmente para ser considerado pronto para implementação.

Tabela 3 – Requisitos dos Desafios

Identificação	Requisito Original	Descrição
RD-01	Imersão, Sociointeracionismo	Exigir o cumprimento de um papel ativo dos estudantes para a resolução.
RD-02	Imersão, Sociointeracionismo	A resolução do desafio deve exigir a performance cooperativa de dois papéis claros, independentes e complementares entre si.
RD-03	Imersão	A resolução deve ser possível completamente pelo <i>Minecraft</i> , onde o RISCraft-V deve prover todo o conteúdo teórico e material auxiliar necessários para a conclusão.
RD-04	Conceitos fundamentais, Avaliação Silenciosa	O desafio deve ter o escopo limitado a somente um conceito fundamental, quando possível.
RD-05	Avaliação Silenciosa	O desafio, com exceção ao de nivelamento inicial, deve ter pelo menos 3 implementações que variem em nível de dificuldade;

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

No contexto da imersão e do sociointeracionismo, ao exigir um papel ativo para a resolução, garante que o desafio construído será interativo, terá um alto potencial imersivo, e exige o exercício da interação social e com o meio por parte dos estudantes.

Ainda no contexto da imersão e do sociointeracionismo, o requisito RD-02, garante que os desafios serão implementados de forma que os dois estudantes precisem estar engajados para a solução, exercendo papéis que se complementam para a conclusão efetiva do desafio.

Como um requisito voltado exclusivamente para a imersão, o RD-03, ao pautar como necessidade o acesso ao conteúdo teórico e material auxiliar através do *Minecraft*, orienta o desenvolvimento de desafios de forma a não exigir a quebra da imersão para a progressão na aventura.

O requisito RD-04 tem seu foco voltado para definir a abordagem dos conceitos fundamentais de forma a permitir também a aplicação da Avaliação Silenciosa, em que cada desafio deve ter seu escopo limitado a somente um dos conceitos fundamentais, quando possível. Essa exigência busca estabelecer um patamar de granularidade que permita a aplicação do método da Avaliação Silenciosa em cada conceito abordado, possibilitando a coleta de métricas que indiquem, a nível de tópicos do conteúdo programático, as facilidades ou dificuldades dos estudantes.

Por sua vez, o requisito RD-05 foca na aplicação da Avaliação Silenciosa, garantindo que a construção de cada desafio, ao incorporar variações de dificuldade em níveis: (a) fáceis, (b) médios e (c) difíceis, viabilize a aplicação de métodos responsivos que direcionem o estudante para variações adequadas à evolução e ao desempenho demonstrados no RISCraft-V. A exceção ocorre no primeiro desafio da seção de SD e nos dois primeiros desafios da seção de AOC, nos quais será realizado um nivelamento inicial antes da aplicação do método.

Uma característica comum a todos os desafios é a presença de salas individuais para cada papel a ser exercido, posicionadas em lados opostos do mapa construído no *Minecraft*. Cada desafio é composto por uma sala, denominada sala A, no lado esquerdo do mapa, e outra sala, denominada sala B, no lado direito.

As salas construídas sempre diferem em função mas são igualmente essenciais para a conclusão de desafio, seja disponibilizando material teórico-orientativo, ou dando acesso a circuitos e estruturas que devem ser construídas, consertadas ou manipuladas pelos estudantes. A distância entre as salas dificulta intencionalmente que os estudantes visitem as salas um do outro, estimulando dessa forma que a resolução seja baseada no trabalho em equipe e na interação social, seja por chamada de voz, pelo *chat* do jogo ou algum método que os estudantes prefiram adotar para estabelecer a comunicação um com o outro.

O processo para o desenvolvimento dos *designs* e especificações de desafios foi separado em três seções, uma voltada para a definição das métricas da Avaliação Silenciosa, uma voltada aos desafios de Sistemas Digitais e uma voltada aos desafios de Arquitetura e Organização de Computadores. A separação entre os desafios de Sistemas Digitais e Arquitetura e Organização de Computadores ocorreu principalmente devido a divergências no método para a abordagem dessas disciplinas, o que impactou diretamente o processo de

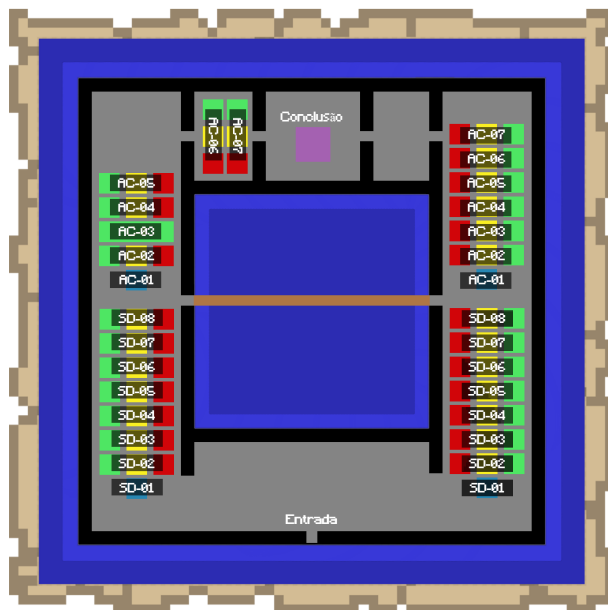


Figura 2 – Desenvolvimento: Planta do RISCraft-V

especificação, onde para os desafios de SD foi possível a criação e aplicação de um modelo único de *design* enquanto para AOC houve uma necessidade de constante reinvenção para a construção de uma abordagem satisfatória de cada conceito contemplado por esse trabalho, resultando por fim na planta visualizada na Figura 2.

5.1.1 Avaliação Silenciosa

Para a incorporação da Avaliação Silenciosa no desenvolvimento, foi definido um conjunto de métricas a serem consideradas na responsividade da experiência, visando ao direcionamento entre diferentes níveis de dificuldade. A métrica principal adotada para os desafios foi a quantidade de tentativas para a solução: quanto menor o número de tentativas até uma solução aceita, melhor será avaliada a performance dos estudantes.

Para o direcionamento entre os níveis de dificuldade presentes na experiência, foi adotada uma lógica em que o nível de dificuldade do desafio atual impacta em qual nível de dificuldade o próximo desafio será disponibilizado. A responsividade da experiência para a implementação da Avaliação Silenciosa adotou a seguinte lógica:

- ❑ Para acesso ao desafio de nível difícil, é necessário que o desafio anterior concluído pelos estudantes tenha sido um desafio médio, resolvido com apenas uma tentativa, ou um desafio difícil, resolvido com até três tentativas.
- ❑ Para acesso ao desafio de nível médio, é necessário que o desafio anterior concluído pelos estudantes tenha sido um desafio fácil, resolvido apenas com uma tentativa, ou um desafio médio, resolvido com duas ou três tentativas.

- ❑ O acesso a um desafio de nível fácil é concedido caso os estudantes não atendam às condições necessárias para acesso a um nível difícil ou médio.

Durante todo o contato dos estudantes com o RISCraft-V, as métricas de tentativas e os desafios desbloqueados serão coletados para a avaliação do aprendizado e para a responsividade da experiência. Com a especificação das métricas de Avaliação Silenciosa concluída, o desenvolvimento se voltou para a seção de desafios de Sistemas Digitais.

5.1.2 Desafios de Sistemas Digitais

O desenvolvimento dessa seção definiu um conjunto de desafios que trabalha oito conceitos de Sistemas Digitais que foram escolhidos por estabelecerem uma base de conhecimento fundamental para a compreensão da disciplina de Arquitetura e Organização de Computadores. Os conceitos escolhidos para serem materializados como desafios foram os circuitos lógicos de barramento, *NOT*, *OR*, *NOR*, *AND*, *NAND*, *XOR* e *Flip-Flop* presentes no conteúdo programático da disciplina.

O *design* da seção teve início com a definição de um modelo comum a todos os desafios. Estabeleceu-se que cada desafio deve ser composto por um componente teórico e outro prático, que abordam, respectivamente, a compreensão e a implantação do conceito, variando paralelamente aos níveis de dificuldade do desafio. Também foi definida, nessa etapa, a condição para que os estudantes concluam o desafio proposto.

5.1.2.1 Componente Teórico dos Desafios de Sistemas Digitais

Para o componente teórico, o *design* desenvolvido deve permitir que um jogador na sala A tenha acesso a uma documentação contextualizada sobre o funcionamento do circuito e como o circuito pode ser utilizado para a construção de dispositivos, e que um jogador na sala B tenha acesso a uma estrutura que permite ao usuário responder a uma pergunta de múltipla escolha imerso na experiência.

O formato adotado para as variações de dificuldade do componente teórico foi definido de forma que as questões a serem respondidas exigiram um nível de interpretação e abstração que aumenta progressivamente com o nível do desafio.

- ❑ Os níveis fáceis testam os estudantes quanto ao entendimento do comportamento do circuito. Ex: "Para a entrada X, qual a saída do circuito?".
- ❑ Os níveis médios testam os estudantes quanto aos casos de uso do circuito. Ex: "O circuito atual seria efetivamente aplicado para a construção de a) controle de portões, b) luzes com múltiplos interruptores, c) sensores de segurança".
- ❑ Os níveis difíceis testam os estudantes quanto ao entendimento do circuito aplicado a um caso de uso. Ex: "Em um cenário onde um circuito que conecta uma lâmpada

a dois interruptores foi feito com uma porta XOR, qual o estado da lâmpada quando somente o interruptor 1 está ativo, e o 2 desativado?"

Com a finalização da definição do modelo para o componente teórico e seus níveis de dificuldade, realizou-se a etapa de *design* dos componentes teóricos. Nessa etapa, para cada desafio foram definidas as questões que irão compor a implementação do componente.

5.1.2.2 Componente Prático dos Desafios de Sistemas Digitais

Por sua vez, o componente prático teve seu *design* e implementação de forma que um jogador na sala B terá acesso a um modelo funcional do circuito abordado pelo desafio, e um jogador na sala A terá acesso a uma versão danificada do mesmo circuito que deverá ser consertada utilizando blocos e ferramentas do *Minecraft*. Para testes do circuito, o jogador da sala B consegue modificar o valor das entradas de ambas as salas permitindo que os estudantes observem o comportamento e a saída do circuito em cenários distintos.

O desenho da implementação dos circuitos lógicos no *Minecraft* presentes nos desafios foi construído usando referências da comunidade do jogo disponibilizadas majoritariamente em fóruns online ou redes sociais, e principalmente usando *designs* autorais desenvolvidos a partir dos diagramas dos circuitos lógicos.

Com a finalização da definição do modelo para o componente teórico e seus níveis de dificuldade, apresentados na Tabela 4, deu-se início à etapa de *design* dos componentes teóricos. Nessa etapa, para cada desafio, definiram-se os circuitos que comporão a implementação do componente, e deu-se início ao desenvolvimento dos componentes práticos.

Para os níveis de dificuldade, foi adotado um formato no qual o nível de engajamento do estudante com a implementação do circuito no desafio, necessário para a conclusão do desafio, aumenta progressivamente conforme o nível de dificuldade, o que resultou nas seguintes definições de níveis:

- ❑ Os níveis fáceis partem de 70% do circuito implementado, sendo necessário, por parte do estudante, completar somente partes essenciais para o funcionamento do circuito.
- ❑ Os níveis médios partem de 50% do circuito implementado, que por vezes terá um número maior de entradas quando comparado ao nível fácil, sendo necessário, por parte do estudante, completar partes essenciais para o funcionamento do circuito e também partes complementares, como extensores de sinal ou barramentos inicialmente incompletos.
- ❑ Os níveis difíceis partem de 0% do circuito implementado, que por vezes terá um número maior de entradas quando comparado ao nível fácil, sendo necessária por parte do estudante a implementação completa do circuito.

Com a finalização da definição do modelo para o componente prático e seus níveis de dificuldade, deu-se início à etapa de *design* dos componentes práticos propriamente ditos, etapa em que, para cada desafio, foi definido o objetivo a ser alcançado para sua conclusão:

Tabela 4 – Componente Prático dos Desafios de Sistemas Digitais

Identificação	Conceito	Descrição
SD-01-P	Barramento	Construir um circuito que ligue o ponto A ao ponto B, adicionando extensores de sinal quando necessário.
SD-02-P	NOT	Construir um circuito que inverta a entrada presente no A e ligue-a ao ponto B.
SD-03-P	OR	Construir um circuito que, usando as entradas presentes no ponto A, realize a operação lógica OR e entregue a saída no ponto B.
SD-04-P	NOR	Construir um circuito que, usando as entradas presentes no ponto A, realize a operação lógica NOR e entregue a saída no ponto B.
SD-05-P	AND	Construir um circuito que, usando as entradas presentes no ponto A, realize a operação lógica AND e entregue a saída no ponto B.
SD-06-P	NAND	Construir um circuito que, usando as entradas presentes no ponto A, realize a operação lógica NAND e entregue a saída no ponto B.
SD-07-P	XOR	Construir um circuito que, usando as entradas presentes no ponto A, realize a operação lógica XOR e entregue a saída no ponto B.
SD-08-P	Flip-Flop	Construir um circuito que replique a funcionalidade de um Flip-Flop D / Latch-D, permitindo o armazenamento de um <i>bit</i> de informação.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Com a especificação dos componentes teóricos, dos componentes práticos e de como ocorre a manifestação dos níveis de dificuldade concluída, deu-se início ao desenvolvimento dos parâmetros e métodos para a conclusão dos desafios.

5.1.2.3 Conclusão dos Desafios

Para a conclusão do desafio foi definido que os jogadores devem, após o cumprimento do componente teórico ao responder a questão de múltipla escolha e o cumprimento do componente prático ao finalizar o conserto do circuito lógico, submeter a resolução para validação. A submissão da resolução deve ser realizada pelo jogador presente na sala B através de um botão específico para essa função. É importante notar que a quantidade de tentativas realizadas até o aceite da validação será computada e então utilizada como métrica principal para avaliação dos estudantes que, em seguida, serão direcionados para desafios com nível de dificuldade adequado, conforme a lógica descrita na seção 5.1.1, para a evolução e performance demonstrada.

O processo de validação da submissão é realizado através de um método de testes funcionais realizados por uma circuitaria desenhada dentro do próprio *Minecraft*, onde o circuito construído pelos estudantes é replicado em todos os cenários de entradas possíveis, variando geralmente de 2 a 8 cenários, e então é realizada a comparação das saídas reais

com as saídas esperadas. Caso o circuito passe nos testes funcionais, a resolução é aceita e, dessa forma, os estudantes concluem com sucesso o desafio.

5.1.3 Desafios de Arquitetura e Organização de Computadores

O desenvolvimento dessa etapa trabalhou com a definição de um novo conjunto de desafios, dessa vez trabalhando com sete conceitos de Arquitetura e Organização de Computadores, que foram escolhidos por comporem os principais conceitos abordados pela disciplina. Os conceitos a serem materializados como desafios escolhidos foram armazenamento de informação com registradores, largura de barramento, recuperação de informação, decodificação de instrução, configuração de ULA, paralelização em *pipelines* e memória cache, presentes no conteúdo programático da disciplina.

Essa seção de desafios divergiu da anterior ao não ter sido possível adotar um modelo de padronização devido ao caráter divergente entre os conceitos a serem abordados, tendo sido necessário um processo completo de concepção individual para cada desafio e de seus critérios de conclusão incorporando os requisitos gerais de desafios.

Essa dificuldade na criação de um modelo também se manifesta na forma convencional como as disciplinas são conduzidas. A disciplina de SD, por ter um caráter mais prático quando comparada a AOC, permite uma transposição mais direta do processo de ensino usual. Já a disciplina de AOC, devido à sua natureza mais teórica, exige um intenso processo criativo para viabilizar a transposição do ensino convencional para uma experiência imersiva e interativa dentro de um jogo sério.

5.1.3.1 Desenvolvimento dos Desafios

Apesar da dificuldade encontrada no processo de transposição do processo de aprendizado de AOC, ainda assim foi possível a conclusão do processo de desenvolvimento de *design* de desafios que abordassem os conceitos da disciplina. Os desafios dessa seção, visualizados na Tabela 5, apesar de não adotarem o mesmo modelo da seção de Sistemas Digitais, compartilham a ideia de submissão de resposta, em que a quantidade de tentativas realizadas até o aceite da validação é utilizada como métrica para a Avaliação Silenciosa.

O *design* do primeiro desafio, AC-01, para abordar o armazenamento de informação com registradores, foi desenvolvido para exigir a manipulação de um registrador de 8 *bits* materializado dentro do *Minecraft*. O estudante na sala A terá contato direto com a estrutura do registrador, permitindo tanto operar o registrador quanto realizar modificações ou reparos na circuitaria do componente caso necessário, enquanto o estudante presente na sala B terá acesso a um painel indicando uma informação de 8 *bits* e uma documentação contextualizada sobre o componente. O primeiro desafio, assim como o segundo, compõe a parte de nivelamento da seção, não possuindo diferentes níveis de dificuldade.

Tabela 5 – Desafios de Arquitetura e Organização de Computadores

Identificação	Conceito	Descrição
AC-01	Registrador 8 <i>bits</i>	Operar um registrador de 8 <i>bits</i> para armazenamento de uma informação.
AC-02	Registrador 32 <i>bits</i>	Operar um registrador de 32 <i>bits</i> para armazenamento de uma informação.
AC-03	Recuperar Informação	Recuperar, manualmente, informações de 32 <i>bits</i> em uma estrutura de memória a partir do endereço de memória disponibilizado.
AC-04	Decodificar Instrução	Decodificar uma instrução de 32 <i>bits</i> e identificar as informações de <i>opcode</i> , <i>rd</i> , <i>funct3</i> , <i>funct7</i> , <i>r1</i> , <i>r2</i> e <i>imm</i> da instrução trabalhada.
AC-05	Configurar ULA	Configurar o modo de execução de uma ULA utilizando as informações <i>opcode</i> , <i>funct3</i> e <i>funct7</i> de uma instrução.
AC-06	<i>Pipeline</i>	Paralelizar, corretamente, a execução de múltiplas instruções com o uso do método de <i>Pipeline</i> .
AC-07	Cache (<i>HIT/MISS</i>)	Realizar, manualmente, a recuperação de dados em uma estrutura que implementa os conceitos de memória cache L1, memória cache L2 e memória principal.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

- ❑ O nível de dificuldade única disponibiliza um registrador na sala A e um painel que apresenta uma informação de 8 *bits* na sala B, sendo necessária por parte dos estudantes a operação correta do registrador para armazenar a informação disponibilizada na sala B no registrador da sala A.

O desenho do processo para conclusão do primeiro desafio é tal que, ao armazenar a informação de 8 *bits* indicada, um estudante presente na sala B pode realizar a submissão da solução através de um botão específico para essa função, repetindo o processo da seção de Sistemas Digitais. A informação armazenada será comparada com a indicada, e em caso de equivalência, o desafio é concluído.

Para o segundo desafio, AC-02, para abordar a largura de barramento, o desenvolvimento do *design* visa exigir a manipulação de um registrador de 32 *bits* materializado dentro do *Minecraft*, permitindo que os estudantes possam visualizar, imergidos no jogo, as modificações necessárias na circuitaria do componente para aumento da largura de banda. O estudante na sala A terá contato com a estrutura do registrador e o estudante presente na sala B terá acesso a um painel indicando, dessa vez, uma informação de 32 *bits* e a mesma documentação contextualizada sobre o componente do desafio anterior. O segundo desafio encerra a parte de nivelamento da seção, onde, a partir dele, os *designs* de desafios incorporarão diferentes níveis de dificuldade.

- ❑ O nível de dificuldade único disponibiliza um registrador na sala A e um painel que apresenta uma informação de 32 *bits* na sala B, sendo necessária, por parte dos estudantes, a operação correta do registrador para armazenar a informação disponibilizada na sala B no registrador da sala A.

O desenho do processo para conclusão do primeiro desafio é o mesmo do desafio anterior, com a mudança apenas do tamanho da informação a ser comparada, sendo, dessa

vez, 32 *bits*.

O terceiro desafio, AC-03, para abordar a recuperação de informação, teve seu *design* construído de forma que os estudantes devem interpretar o papel da Unidade *Load-Store* (LSU) nas arquiteturas RISC, ao traduzir endereços de memória para posições reais e então recuperar as informações presentes nesses endereços.

Para todos os níveis de dificuldade desse desafio é disponibilizada a mesma estrutura de memória na sala A, compreendendo 16 endereços de memória endereçados utilizando 4 *bits* de informação, e na sala B é disponibilizada uma documentação contextualizada sobre a construção e estruturação da memória presente, além de um número, que varia conforme o nível de dificuldade, de painéis de informação e painéis de entradas de dados de 32 *bits*.

- ❑ Para o nível fácil, a sala B possui um painel de informação, apresentando um endereço de memória de 4 *bits* que devem ser interpretado pelos estudantes e então o estudante na sala A deve navegar seu personagem pela estrutura de memória até encontrar o endereço indicado e informar os valores de 32 *bits* armazenado no endereço para que o jogador da sala B preencha o painel de entrada de dados presente na sala.
- ❑ Para o nível médio, a sala B possui três painéis de informação, apresentando 3 endereços de memória de 4 *bits* que devem ser interpretados pelos estudantes e então o estudante na sala A deve fazer seu personagem navegar pela estrutura de memória até encontrar os endereços indicados e informar os valores de 32 *bits* armazenados nos endereços para que o jogador da sala B preencha os três painéis de entrada de dados presentes na sala.
- ❑ Para o nível difícil, a sala B possui cinco painéis de informação, apresentando 5 endereços de memória de 4 *bits* que devem ser interpretados pelos estudantes e então o estudante na sala A deve fazer seu personagem navegar pela estrutura de memória até encontrar os endereços indicados e informar os valores de 32 *bits* armazenados nos endereços para que o jogador da sala B preencha os cinco painéis de entrada de dados presentes na sala.

O processo de conclusão desse desafio foi desenhado de forma a validar as informações preenchidas nas estruturas de entrada de dados, comparando a informação entrada pelo usuário na sala B com os valores presentes nos endereços indicados no desafio, e em caso de equivalência entre as informações o desafio é concluído.

O *design* do quarto desafio, AC-04, aborda a decodificação de instruções recontextualizando as informações de 32 *bits* recuperadas no desafio anterior como instruções a serem executadas por um processador RISC-V de 32 *bits*.

Para esse desafio, é disponibilizado um número, que varia de acordo com a dificuldade, de estruturas de entrada de dados e de painéis de informação na sala A, os painéis de informação apresentam instruções a serem decodificadas pelos estudantes e as estruturas de entrada de dados possuem rótulos que indicam qual componente da instrução, obtido através da decodificação, deve ser inserido, podendo ser *opcode*, *rd*, *funct3*, *funct7*, *r1*, *r2* ou *imm*. A sala B, por sua vez, disponibiliza um material teórico-orientativo sobre o desafio, juntamente com o conjunto de instruções base do RV32I de Waterman e Asanović (2019), apresentado na Figura 3, que foi utilizado como base para o desenvolvimento dos desafios de AOC.

31	27	26	25	24	20	19	15	14	12	11	7	6	0	
funct7				rs2		rs1		funct3		rd		opcode		R-type
imm[11:0]						rs1		funct3		rd		opcode		I-type
imm[11:5]				rs2		rs1		funct3		imm[4:0]		opcode		S-type
imm[12:10:5]				rs2		rs1		funct3		imm[4:1:11]		opcode		B-type
				imm[31:12]						rd		opcode		U-type
				imm[20:10:11:19:12]						rd		opcode		J-type

RV32I Base Instruction Set														
imm[31:12]						rd		0110111						LUI
imm[31:12]						rd		0010111						AUIPC
imm[20:10:11:19:12]						rd		1101111						JAL
imm[11:0]				rs1		000		rd		1100111				JALR
imm[12:10:5]				rs2		rs1		000		imm[4:1:11]		1100011		BEQ
imm[12:10:5]				rs2		rs1		001		imm[4:1:11]		1100011		BNE
imm[12:10:5]				rs2		rs1		100		imm[4:1:11]		1100011		BLT
imm[12:10:5]				rs2		rs1		101		imm[4:1:11]		1100011		BGE
imm[12:10:5]				rs2		rs1		110		imm[4:1:11]		1100011		BLTU
imm[12:10:5]				rs2		rs1		111		imm[4:1:11]		1100011		BGEU
imm[11:0]						rs1		000		rd		0000011		LB
imm[11:0]						rs1		001		rd		0000011		LH
imm[11:0]						rs1		010		rd		0000011		LW
imm[11:0]						rs1		100		rd		0000011		LBU
imm[11:0]						rs1		101		rd		0000011		LHU
imm[11:5]				rs2		rs1		000		imm[4:0]		0100011		SB
imm[11:5]				rs2		rs1		001		imm[4:0]		0100011		SH
imm[11:5]				rs2		rs1		010		imm[4:0]		0100011		SW
imm[11:0]						rs1		000		rd		0010011		ADDI
imm[11:0]						rs1		010		rd		0010011		SLTI
imm[11:0]						rs1		011		rd		0010011		SLTIU
imm[11:0]						rs1		100		rd		0010011		XORI
imm[11:0]						rs1		110		rd		0010011		ORI
imm[11:0]						rs1		111		rd		0010011		ANDI
0000000				shamt		rs1		001		rd		0010011		SLLI
0000000				shamt		rs1		101		rd		0010011		SRLI
0100000				shamt		rs1		101		rd		0010011		SRAI
0000000				rs2		rs1		000		rd		0110011		ADD
0100000				rs2		rs1		000		rd		0110011		SUB
0000000				rs2		rs1		001		rd		0110011		SLL
0000000				rs2		rs1		010		rd		0110011		SLT
0000000				rs2		rs1		011		rd		0110011		SLTU
0000000				rs2		rs1		100		rd		0110011		XOR
0000000				rs2		rs1		101		rd		0110011		SRL
0100000				rs2		rs1		101		rd		0110011		SRA
0000000				rs2		rs1		110		rd		0110011		OR
0000000				rs2		rs1		111		rd		0110011		AND
fm				pred		succ		rs1		000		rd		FENCE
1000				0011		0011		00000		000		00000		FENCE.TSO
0000				0001		0000		00000		000		00000		PAUSE
0000000000000						00000		000		00000		1110011		ECALL
0000000000001						00000		000		00000		1110011		EBREAK

Figura 3 – Desenvolvimento: Conjunto de Instruções Base do RV32I

- ❑ Para o nível fácil, os estudantes terão acesso a uma instrução, que deve ser decodificada e então seus componentes devem ser inseridos nas respectivas estruturas de entrada de dados rotuladas.
- ❑ Para o nível médio, os estudantes terão acesso a três instruções, que devem ser decodificadas e então seus componentes devem ser inseridos nas respectivas estruturas

de entrada de dados rotuladas.

- ❑ Para o nível difícil, os estudantes terão acesso a cinco instruções, que devem ser decodificadas e então seus componentes devem ser inseridos nas respectivas estruturas de entrada de dados rotuladas.

O processo de conclusão desse desafio foi desenhado de forma a comparar o preenchimento dos componentes da instrução decodificada nas estruturas de entrada de dados com um gabarito da decodificação onde em caso de equivalência entre os dois o desafio é concluído.

O quinto desafio, AC-05, teve seu processo de *design* voltado para a abordagem do processo de configuração da ULA.

Para esse desafio, parte dos componentes das instruções decodificadas no desafio anterior são recuperada, sendo eles os componentes *opcode*, *funct3*, *funct7*, essenciais para a identificação de uma instrução. No *design* desse desafio, uma tela será disponibilizada na sala A, onde o jogador poderá interagir com um botão que, ao ser pressionado, cicla entre diferentes possibilidades de configuração da ULA, indicadas na tela pelo nome da instrução a ser executada. Na sala B estará disponibilizado um material teórico-orientativo sobre o desafio, juntamente com o conjunto de instruções de base do RV32I presente no desafio anterior.

- ❑ Para o nível fácil, os estudantes, a partir dos componentes *opcode*, *funct3*, *funct7* de uma instrução, precisam identificar corretamente a instrução e selecionar a configuração adequada da ULA para a execução.
- ❑ Para o nível médio, os estudantes, a partir dos componentes *opcode*, *funct3*, *funct7* de três instruções, precisam identificar corretamente as instruções e selecionar as configurações adequadas da ULA para cada execução.
- ❑ Para o nível difícil, os estudantes, a partir dos componentes *opcode*, *funct3*, *funct7* de cinco instruções, precisam identificar corretamente as instruções e selecionar as configurações adequadas da ULA para cada execução.

A conclusão desse desafio foi desenhada de forma a comparar o preenchimento das configurações selecionadas com um gabarito da configuração onde em caso de equivalência entre os dois o desafio é concluído.

O *design* do sexto desafio, AC-06, tem como tema a paralelização de execução de instruções com o uso de *pipeline*, sendo desenvolvido de forma que os estudantes precisem organizar a paralelização da execução das instruções configuradas no desafio anterior, junto com novas instruções.

Para esse desafio, a partir da lista de instruções configuradas no desafio anterior, o estudante na sala A deve montar uma grade de blocos de execução, que pode ser

preenchida com blocos de Recuperação de Instrução (IF), Decodificação de Instrução (ID), Execução (EX), Acesso a Memória (MEM), Escrita de Volta (WB) e o bloco auxiliar, *Bubble*, peça fundamental para a resolução de *hazards* na implementação de *pipelines*. Na sala B o jogador terá acesso a uma documentação teórico-orientativa sobre o desafio, abordando principalmente os possíveis *hazards*, de acordo com a arquitetura RISC-V, na implementação de paralelização com *pipelines*.

- ❑ Para o nível fácil, os estudantes precisam montar a grade de blocos de execução paralelizando, sem *hazards*, três instruções.
- ❑ Para o nível médio, os estudantes precisam montar a grade de blocos de execução paralelizando, sem *hazards*, cinco instruções.
- ❑ Para o nível difícil, os estudantes precisam montar a grade de blocos de execução paralelizando, sem *hazards*, sete instruções.

O desenho da conclusão desse desafio cria um cenário onde a grade de blocos de execução montada pelos jogadores será comparada com uma grade-gabarito com uma paralelização ótima com *pipeline*, e caso haja equivalência entre as grades, o desafio é concluído.

O sétimo e último desafio da seção de Arquitetura e Organização de Computadores, AC-07, tem como tema memória cache, abordando conceitos como *HIT* e *MISS* na cache. Dessa forma, o desafio se propõe a abordar o tema com um *design* em que os estudantes precisam fazer a recuperação de informações, representadas como itens do *Minecraft*, que podem ou não estar na memória cache.

Para esse desafio, foi desenhada uma abstração de estruturas de memória dentro do *Minecraft* com o uso de baús, que tem como função no jogo o armazenamento de itens. Ao todo foram desenhadas 3 estruturas de memória: uma para representar a cache L1, com separação entre baús voltados para cache de dados e cache de instrução, contendo ao todo 4 baús com capacidade de 27 itens cada, totalizando 54 compartimentos para cache de instrução e 54 compartimentos para cache de dados; a segunda, representando a cache L2, não possui separação entre cache de dados e cache de instruções, e tem um tamanho maior comparada a primeira estrutura, com 8 baús ao todo, totalizando 216 compartimentos; e por último a estrutura que representa a memória principal, com 256 baús ao todo, totalizando 6912 compartimentos, onde existe um sistema de endereçamento para essa estrutura.

No *design* do desafio em si, a sala A permite que os estudantes tenham acesso às três estruturas construídas, e também a 5 estruturas de entrada de itens, que representam uma instrução em execução que está travada esperando receber uma informação específica, representada por um item, para prosseguir sua execução. O papel do estudante na sala A é encontrar os itens necessários para destravar a execução das instruções. Na sala B o

estudante terá acesso a quais itens devem ser inseridos em quais estruturas de entrada de itens de cada instrução, e também o endereço da memória principal onde a informação se encontra. Para cada item/informação, existe a chance de que, para além da presença na memória principal, exista uma cópia na cache L1 ou L2.

Esse desafio visa que os estudantes experienciem, imersos no *Minecraft*, a diferença de velocidade entre a recuperação de informação na cache e na memória principal, onde, devido à escala da memória principal, mesmo com o endereço informado, a busca na memória cache, ainda que sem garantia da presença do item necessário, se torna atrativa como um método de acelerar o desbloqueio da execução de uma instrução.

- ❑ Para o nível fácil, os estudantes precisam encontrar o item exigido para a execução de uma instrução, em que o item pode ou não estar presente na cache.
- ❑ Para o nível médio, os estudantes precisam encontrar os itens exigidos para a execução de três instruções, em que esses itens podem ou não estar presentes na cache.
- ❑ Para o nível difícil, os estudantes precisam encontrar os itens exigidos para a execução de cinco instruções, em que esses itens podem ou não estar presentes na cache.

A conclusão desse desafio teve o *design* construído de forma que, após a entrega dos itens nas respectivas estruturas de entrada de itens de cada instrução, haverá uma checagem, através de uma circuitaria implementada dentro do jogo, que valide se os itens realmente equivalem aos requisitados, e, caso sim, o desafio é concluído.

Com a finalização do *design* do sétimo desafio, se encerra a fase de *design* de desafios e é dado prosseguimento à etapa onde foi desenvolvida uma narrativa que incorporasse e contextualizasse a presença dos estudantes no jogo, a presença de circuitos digitais e componentes de arquitetura de computadores, e a necessidade do papel ativo dos estudantes para o avanço da narrativa.

5.2 Desenvolvimento da Narrativa

Essa seção descreve o processo criativo e os requisitos levantados para a criação de uma narrativa que integrasse e contextualizasse adequadamente o circuito de desafios que teve seu *design* e especificação descritos na seção anterior.

Os requisitos levantados no capítulo 4 foram novamente revisitados e reestruturados, dessa vez em conjunto com a seção 5.1, de forma a direcionar a criação de requisitos que a narrativa deve atender antes de ser incorporada ao RISCraft-V.

O desenvolvimento de uma narrativa bem construída foi visto como essencial para a criação de uma experiência adequadamente imersiva, como é evidente na relação entre os requisitos da narrativa, visualizados na Tabela 6, e o requisito geral de imersão do

Tabela 6 – Requisitos da Narrativa

Identificação	Requisito Original	Descrição
N-01	Conceitos fundamentais	Contextualizar e fundamentar a presença de elementos de Sistemas Digitais e Arquitetura e Organização de Computadores
N-02	Imersão	Contextualizar e fundamentar a necessidade do papel ativo dos estudantes no RISCraft-V
N-03	Imersão	Contextualizar a presença e direcionar os estudantes a um objetivo e sequência de progressão clara dentro do RISCraft-V
N-04	Sociointeracionismo	Contextualizar e fundamentar a presença de salas opostas complementares para o avanço na narrativa.
N-05	Imersão	Contextualizar todo o material teórico-orientativo a ser disponibilizado nos desafios para evitar a quebra de imersão
N-06	Imersão	Estabelecer uma estética a ser adotada para a construção do mapa do jogo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

RISCraft-V, garantindo que os estudantes se sentissem como parte indispensável e naturalmente integrada ao enredo, onde cada uma das ações performadas na experiência reflete diretamente no progresso da narrativa.

Para a contextualização e fundamentação da presença de elementos de Sistemas Digitais e Arquitetura e Organização de Computadores no RISCraft-V, deve ser adotada como fundação da narrativa a premissa de uma civilização tecnológica, que incorporava o uso de circuitos e elementos de SD e AOC para moldar a arquitetura e engenharia da infraestrutura de uma cidadela situada em uma ilha.

Buscando uma integração natural da necessidade do papel ativo dos estudantes no RISCraft-V à premissa de uma civilização tecnológica, deve ser incorporado à narrativa um teor de mundo arruinado, onde os jogadores, desempenhando um papel de arqueólogos, devem ter contato com uma versão caída da civilização, com sinais de deterioração pelo tempo, onde os circuitos e elementos que compunham a infraestrutura atualmente já não funcionam corretamente, cabendo aos jogadores a atribuição de investigar a queda da civilização, precisando, para isso, restaurar as peças vitais da infraestrutura da cidadela, que se apresentam como salas de desafios aos jogadores.

Para promover a separação dos jogadores em diferentes salas, com o objetivo de estimular a aprendizagem colaborativa com base no sociointeracionismo, a narrativa deve integrar os *designs* das salas tipo A ao contexto da circuitaria danificada da cidadela. Já os *designs* das salas tipo B devem ser inseridos em um museu que também foi planejado como um mecanismo de recuperação de falhas. Nesse espaço, os jogadores terão contato com materiais didáticos que abordam o processo de desenvolvimento dos circuitos de SD e elementos de AOC, evidenciando como esses conceitos contribuíram para a evolução da civilização local. Dessa forma, os jogadores são orientados quanto ao papel e ao funcionamento dos circuitos e demais elementos. Essa estrutura narrativa possibilita que a separação dos jogadores, com pelo menos um em cada seção, ocorra de forma intuitiva, permitindo que um exerça um papel consultivo enquanto o outro assume uma função mais

prática.

Ao disponibilizar quaisquer tipos de materiais teórico-orientativos através dos museus presentes no RISCraft-V, esses materiais devem apresentar-se de forma contextualizada, com informações que não só elucidem os estudantes sobre os desafios e os conceitos das disciplinas de Sistemas Digitais e Arquitetura e Organização de Computadores mas também contribuam para o *worldbuilding* da experiência.

Por último, ao mapearmos todos os requisitos da narrativa, deve-se adotar uma estética que incorpore os requisitos levantados, com a presença de circuitos tecnológicos sendo retomados pela natureza, podendo incorporar elementos das temáticas *cyberpunk* e pós-apocalípticas.

Com os requisitos e a estética da narrativa definidos, a seção se encerra, cedendo seu lugar agora para o processo da efetiva implementação do RISCraft-V, onde os *designs* começarão a ser materializados, integrados, e incorporados em um contexto único para a criação de uma experiência imersiva de jogo sério no *Minecraft*.

5.3 Implementação da Experiência

Nessa seção será descrito o processo realizado para a implementação do RISCraft-V. Como primeiro passo, utilizando como referência a planta estipulada na Seção 5.1, a fundação do mapa foi construída, visualizada na Figura 4, onde foi necessária a implementação de rascunhos dos desafios para determinar a proporção a ser adotada para materialização da planta.



Figura 4 – Desenvolvimento: Fundação do RISCraft-V

Em seguida, os *designs* dos desafios foram, um a um, materializados e adicionados à base construída, sendo então conectados com corredores que permitem o intercâmbio entre os diferentes níveis de dificuldade a cada conclusão de desafio, concluindo dessa forma a materialização completa do circuito de desafios.

Com a implementação do circuito de desafios finalizada, conforme visualizado na Figura 5, as construções foram seladas e incorporadas a uma estrutura montanhosa coberta por densa vegetação, que também envolve os elementos remanescentes da infraestrutura de uma cidadela há muito abandonada.

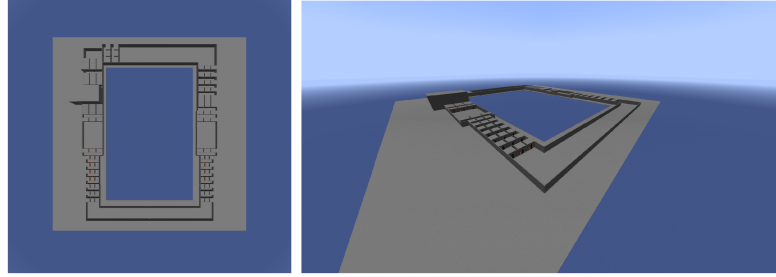


Figura 5 – Desenvolvimento: Desafios Incorporados no RISCraft-V

O circuito de desafios presente no mapa foi imerso e integrado à infraestrutura deteriorada da cidadela, construindo assim uma dica visual para os estudantes sobre o papel das salas de desafios que, devido ao estado atual dos circuitos e elementos, não está sendo cumprido e exige reparos para que seja restaurado o acesso a todas as áreas da cidadela.

Por último, um trabalho de incorporação da estética foi realizado nos desafios, incorporando a temática *cyberpunk* pós-apocalíptica, com paredes danificadas, cobertura vegetal densa e a presença de elementos tecnológicos que também se apresentam onerados pelo tempo. Uma coletânea de imagens dos desafios desenvolvidos pode ser visualizada no Apêndice A, e no Apêndice B é possível visualizar as imagens de um panorama da experiência.

Nesta etapa do trabalho, os desafios foram implementados e incorporados a um circuito imerso em uma cidadela, cuja construção apoiou-se principalmente na técnica narrativa "*Show, don't tell*", que visa estruturar a narrativa visualmente. Assim, a experiência do RISCraft-V mostrou-se, para os desenvolvedores, adequada para a etapa de experimentos.

Experimentos e Análise dos Resultados

Este capítulo se destina a detalhar os experimentos realizados para validação dos resultados gerados por este trabalho, sendo os principais experimentos voltados para: (i) Validação Funcional dos Desafios; e (ii) Testes Preliminares.

Como resultados, considerando os objetivos da pesquisa, a possibilidade de alcançar uma implementação viável para testes de desenvolvedores já se apresenta como resultado expressivo, em que a materialização da experiência se provou possível e foi executada. Dessa forma, os testes desse capítulo se voltam para as capacidades da experiência desenvolvida.

6.1 Validação dos Desafios

Para essa seção, os testes de desenvolvedores voltaram-se para a validação dos desafios individualmente, onde cada um dos desafios incorporados na experiência foram resolvidos em conjunto pelos desenvolvedores que utilizaram os requisitos levantados no Capítulo 5, presentes na Tabela 3, para a estruturação de requisitos de validação, apresentados na Tabela 7, que foi utilizada como um *checklist* que mapeia os itens a serem atendidos para que um desafio seja considerado adequado.

Tabela 7 – Requisitos para Validação dos Desafios

Identificação	Requisito Original	Descrição
RVD-01	Conceitos fundamentais	O desafio deve contemplar, no mínimo, um conceito fundamental do conteúdo programático de Sistemas Digitais ou de Arquitetura e Organização de Computadores.
RVD-02	Imersão, Sociointeracionismo	Para a conclusão do desafio, os dois jogadores devem exercer papéis claros, individuais e mutuamente complementares.
RVD-03	Imersão	A resolução do desafio não deve exigir que os jogadores precisem sair do <i>Minecraft</i> para sua realização, dispondo toda a documentação e orientação necessárias dentro do próprio jogo.
RVD-04	Avaliação Silenciosa	A quantidade de tentativas para resolver um desafio deve determinar diretamente o nível de dificuldade do desafio a ser disponibilizado em seguida.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Os testes realizados visam não apenas validar o atendimento aos requisitos da Tabela 7, mas também assegurar o funcionamento dos mecanismos de submissão de respostas, garantindo que o número de tentativas seja devidamente contabilizado e utilizado como métrica no processo de Avaliação Silenciosa.

Para a validação da testagem dos desafios, devido a todos adotarem o modelo de contagem de submissões de resposta para a implementação da Avaliação Silenciosa, foi possível a construção de um modelo para a validação que compreendeu, para cada desafio, os seguintes cenários:

- ❑ Ao concluir a variação de dificuldade fácil do desafio com uma tentativa, o próximo desafio liberado é de nível médio.
- ❑ Ao concluir a variação de dificuldade média do desafio com uma tentativa, o próximo desafio liberado é de nível difícil.
- ❑ Ao concluir a variação de dificuldade difícil do desafio com uma tentativa, o próximo desafio liberado também é de nível difícil.
- ❑ Ao concluir a variação de dificuldade média do desafio com duas ou três tentativas, o próximo desafio liberado também é de nível médio.
- ❑ Ao concluir a variação de dificuldade difícil do desafio com duas ou três tentativas, o próximo desafio liberado também é de nível difícil.
- ❑ Ao concluir a variação de dificuldade fácil do desafio com mais de uma tentativa, o próximo desafio liberado é de nível fácil.
- ❑ Ao concluir a variação de dificuldade média do desafio com mais de três tentativas, o próximo desafio liberado é de nível fácil.
- ❑ Ao concluir a variação de dificuldade difícil do desafio com mais de três tentativas, o próximo desafio liberado é de nível médio.

Durante essa etapa, também foi testado se as submissões estavam sendo apropriadamente classificadas como corretas ou incorretas. Para as incorretas, o acesso ao próximo desafio não era concedido até a submissão de uma resolução correta. Para esse processo, foi utilizada uma solução gabarito de cada desafio e de suas variações de dificuldade, e o processo de validação de submissão dentro do jogo envolveu a comparação entre as duas.

6.2 Testes Preliminares

Com a finalização da validação dos desafios, a etapa de experimentos se voltou para testes preliminares do RISCraft-V como jogo, onde os desenvolvedores jogaram a experi-

ência completa e, em seguida, foram submetidos a um questionário no modelo MEEGA+ voltado para a experiência obtida.

A escolha da adoção do modelo MEEGA+ deve-se à sua presença consolidada na literatura como ferramenta para avaliação de experiências de jogos sérios, sendo amplamente utilizado tanto por desenvolvedores quanto por pesquisadores da área Wangenheim, Petri e Borgatto (2025). Adicionalmente, sua incorporação na etapa mostrava-se um passo adequado para verificar se o estado atual da experiência se apresentaria apropriado para a realização de trabalhos futuros que submetam à prova o potencial educativo do RISCraft-V.

O formulário respondido pelos desenvolvedores, após contato com a experiência completa, criado a partir do modelo MEEGA+, levantou ao todo 34 perguntas que avaliavam as dimensões apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 – Dimensões do Formulário MEEGA+ Aplicado

Dimensão	Quantidade de Perguntas
Estética	2
Aprendibilidade	3
Operabilidade	2
Acessibilidade	2
Confiança	1
Desafio	3
Satisfação	4
Interação social	3
Diversão	2
Atenção focada	3
Relevância	4
Percepção de aprendizagem	5

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A aplicação do formulário permitiu a criação de gráficos que elucidam a avaliação do contato dos desenvolvedores com a versão finalizada da experiência, postulando a avaliação quanto a usabilidade e experiência do jogador com o RISCraft-V.

Quanto à avaliação da usabilidade, houve uma leve dissonância entre os desenvolvedores em relação à curva de aprendizado, visualizada na Figura 6. Apesar de concordarem que a experiência conduz os jogadores de forma satisfatória durante a execução dos desafios, o período de adaptação ao modelo de desafios proposto pode revelar-se desafiador, especialmente para jogadores iniciantes.

A avaliação da experiência do jogador também revelou divergências pontuais de opinião, visualizadas na Figura 7, concentradas principalmente na discussão sobre o início do jogo. Enquanto um dos desenvolvedores considera que o primeiro contato com os desafios desperta a atenção dos jogadores, o outro entende que o desafio inicial de adaptação pode prejudicar a imersão na experiência. As demais divergências dizem respeito ao escopo do trabalho: um dos desenvolvedores considera que o jogo poderia abordar de forma ainda

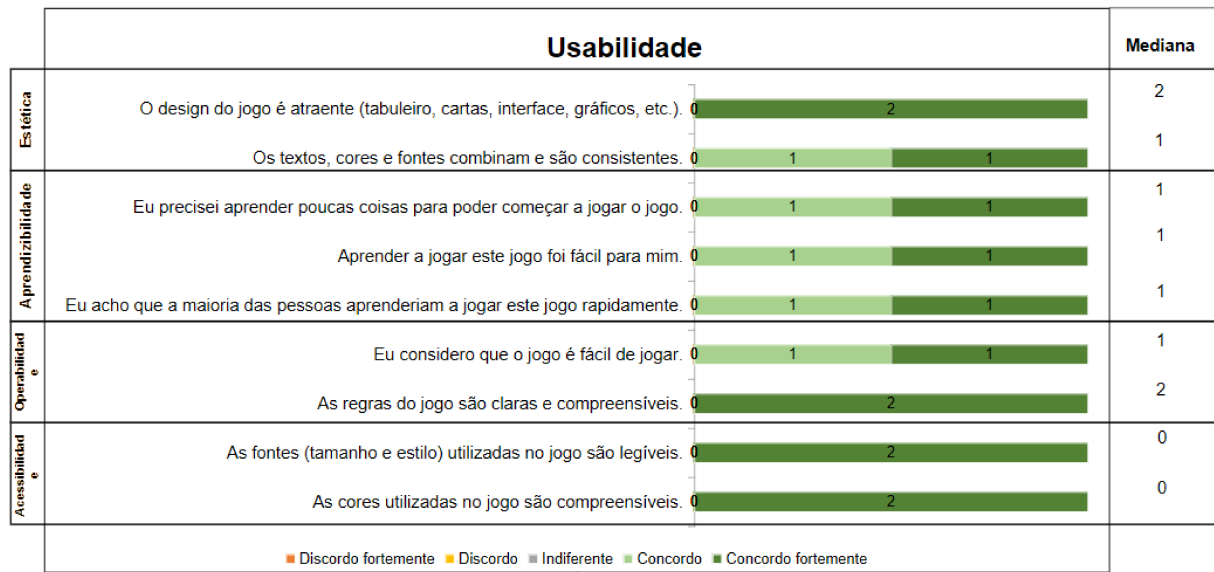


Figura 6 – Experimentos: Gráfico das Respostas sobre Usabilidade

mais abrangente o conteúdo programático das disciplinas, enquanto o outro, embora concorde, entende que o escopo atual já se mostra suficiente, considerando que a inclusão de novos conceitos seria um acréscimo, e não uma lacuna.

Durante os experimentos, observou-se o papel fundamental desempenhado pelos requisitos levantados para a construção adequada de uma experiência imersiva e sociointeracionista de jogo sério, que aborda conceitos fundamentais do conteúdo programático das disciplinas de Sistemas Digitais e Arquitetura e Organização de Computadores. Tais requisitos moldaram diretamente o percurso adotado ao longo do desenvolvimento, resultando em uma implementação que se mostrou alinhada às questões presentes no formulário MEEGA+ de avaliação, indicando o potencial educacional da experiência criada.

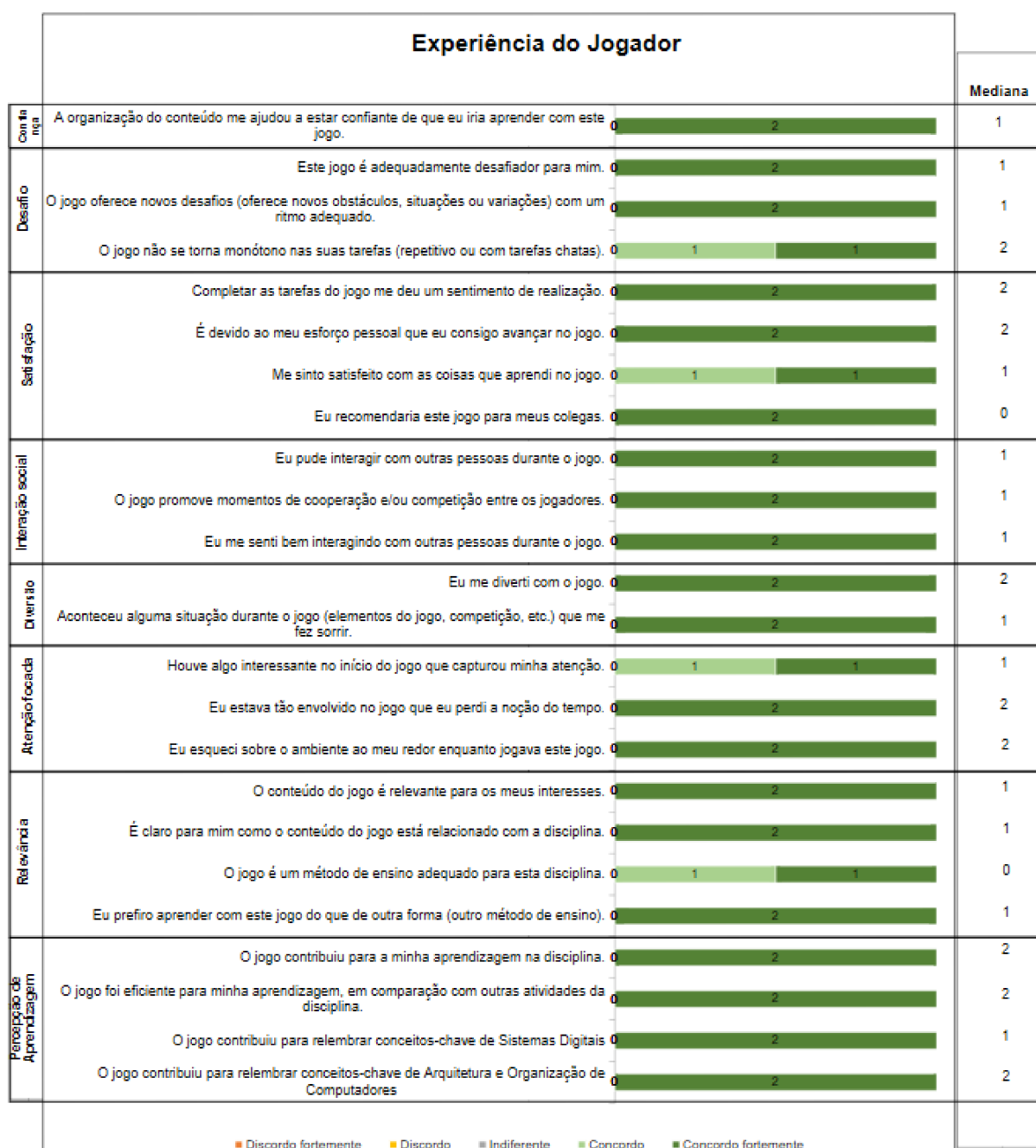


Figura 7 – Experimentos: Gráfico das Respostas sobre a Experiência do Jogador

Conclusão

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de uma experiência imersiva e sociointeracionista de jogo sério, abordando conceitos fundamentais do conteúdo programático das disciplinas de Sistemas Digitais e Arquitetura e Organização de Computadores. O produto resultante caracteriza-se como inovador por dois motivos principais: i) as experiências de jogos sérios atualmente disponíveis, em geral, carecem da combinação entre um embasamento teórico explícito em teorias de aprendizagem e a aplicação do método de Avaliação Silenciosa; ii) mesmo aquelas que contemplam essa combinação, nenhuma se propõe a desenvolver uma abordagem multidisciplinar que integre, de forma articulada, as disciplinas de SD e AOC.

7.1 Principais Contribuições

Como principais contribuições desse trabalho podemos destacar:

1. A elaboração do *design* e da especificação dos desafios voltados para a abordagem de conceitos fundamentais de SD e AOC, incorporando o método da Avaliação Silenciosa. Esses desafios podem, individualmente, ser aplicados como uma forma alternativa de avaliação da aprendizagem.
2. O desenvolvimento de uma narrativa que foi integrada aos desafios, resultando em uma experiência imersiva e sociointeracionista de jogo sério que aborda conceitos fundamentais de SD e AOC, configurando-se como uma proposta com potencial educacional passível de experimentação prática com estudantes de cursos superiores da área de computação.

Existem outras produções bibliográficas nas quais se identificam características semelhantes às deste trabalho. A análise de trabalhos correlatos, que fundamentou o conjunto de requisitos para a criação da experiência aqui apresentada, poderá auxiliar futuras pesquisas no mapeamento das necessidades relacionadas à construção de ferramentas inovado-

ras para o processo de ensino, não apenas no contexto de Sistemas Digitais e Arquitetura e Organização de Computadores, mas também em outras disciplinas dos cursos da área de computação.

A fundamentação teórica deste trabalho constitui uma contribuição para os estudos sobre inovação por meio de jogos sérios em disciplinas da área de computação, ao apresentar o arcabouço conceitual utilizado na exploração da temática, bem como os trabalhos correlatos existentes. Dessa forma, essa base teórica contribui para a delimitação e o direcionamento do campo exploratório de novas pesquisas voltadas ao desenvolvimento de ferramentas educacionais inovadoras.

A etapa de validação presente neste trabalho proporcionou uma análise da aptidão do RISCraft-V para experimentação prática com estudantes de cursos superiores da área de computação, destacando seu potencial educacional, que deve ser posto à prova por trabalhos futuros. Além disso, evidenciou-se a capacidade deste trabalho ser expandido para uma abordagem ainda mais ampla de Sistemas Digitais e Arquitetura e Organização de Computadores, ou até mesmo para outras disciplinas da área de computação.

7.2 Trabalhos Futuros

Face ao presente estado da especificação e implementação do RISCraft-V, assim como a capacidade da experimentação real com a experiência criada, entende-se que novos trabalhos podem ser conduzidos por dois principais caminhos a partir deste. A experimentação do RISCraft-V apresenta-se como um passo natural para este trabalho, buscando pôr à prova o potencial educativo da experiência no processo de aprendizagem de Sistemas Digitais e Arquitetura e Organização de Computadores. Para tal, será necessário submeter a proposta ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos, bem como organizar sessões que proporcionem o contato dos participantes com a experiência. Por outro lado, também se apresentam como possibilidades tanto o incremento deste trabalho, visando uma experiência que aborde de forma ainda mais ampla as disciplinas já contempladas, quanto sua expansão para a incorporação de disciplinas correlatas que possam beneficiar-se do uso de jogos sérios como ferramenta de inovação no processo de aprendizagem, podendo igualmente ser submetidas à experimentação prática com estudantes.

7.3 Disponibilidade de Artefatos

O artefato disponibilizado apresenta um *tour* demonstrativo destacando a imersividade e a interatividade do RISCraft-V. Nesse mesmo artefato, é possível visualizar a apresentação do primeiro desafio, assim como o mecanismo de liberação dos próximos desafios.

Link do Artefato: <https://youtu.be/_o48QmNFGso>.

Vídeo disponibilizado na plataforma Youtube.

Referências

ABBASI, S.; KAZI, H. Stealth assessment in serious games to improve OO learning outcomes . In: **2019 International Conference on Advances in the Emerging Computing Technologies (AECT)**. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 2020. p. 1–5. Disponível em: <<https://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/AECT47998.2020.9194170>>. Citado 3 vezes nas páginas 15, 22 e 23.

ABT, C. **Serious Games**. Bloomsbury Academic, 1987. ISBN 9780819161482. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=axUs9HA-hF8C>>. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 20.

AMORIM, E. et al. N-craft: Ferramenta virtual e imersiva baseada em minecraft para suporte no ensino de arquitetura e organização de computadores. In: **Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2024. p. 2703–2712. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/31431>>. Citado na página 16.

ANDERSEN, R.; RUSTAD, M. Using minecraft as an educational tool for supporting collaboration as a 21st century skill. **Computers and Education Open**, v. 3, p. 100094, 2022. ISSN 2666-5573. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666557322000222>>. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 22.

ANDRADE, A. F. M. **Uma abordagem baseada em gamificação para estimativa de esforço em desenvolvimento ágil de software**. 151 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) — Centro de Engenharia Elétrica e Informática - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2021. Citado na página 15.

BRUM, L. M. da L.; PINHO, L. B. de; CAMARGO, S. da S. Avaliação do uso de realidade aumentada no ensino de arquitetura e organização de computadores. **International Journal of Computer Architecture Education (IJCAE)**, v. 6, n. 1, p. 10–17, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 16.

CAGNINI, H. et al. Mundo virtual minecraft: uma experiência no ensino de circuitos digitais. In: **Anais do XXIII Workshop sobre Educação em Computação**. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2015. p. 206–215. ISSN 2595-6175. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/wei/article/view/10237>>. Citado 6 vezes nas páginas 15, 20, 21, 22, 29 e 30.

FARIA, P. Ferreira de; CAMARGO, D. de; VENÂNCIO, A. **Vigotski no Ensino Superior: concepção e práticas de inclusão**. Porto Alegre, RS, Brasil: Editora Fi, 2020. 235 p. ISBN 978-85-5696-731-2. Disponível em: <<https://www.editorafi.org/731vigotski>>. Citado na página 20.

FELLOWS, R.; BRAGA, J.; DOTTA, S. Revisão sistemática de literatura sobre métodos, técnicas e critérios de avaliação de aprendizagem em jogos sérios sociointeracionistas. In: **Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2022. p. 528–539. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/22437>>. Citado na página 21.

GAMA, G. et al. Jogando, aprendendo e construindo: Utilizando o minecraft como ferramenta de auxílio no ensino de circuitos digitais. In: **Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital**. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2024. p. 1223–1232. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbgames/article/view/32392>>. Citado 5 vezes nas páginas 15, 20, 21, 22 e 29.

MARCONI, M. d.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 5th. ed. São Paulo, SP, Brasil: Atlas, 2003. ISBN 8522433976. Citado na página 24.

MICHAEL, D. R.; CHEN, S. L. **Serious Games: Games That Educate, Train, and Inform**. Thomson Course Technology, 2005. ISBN 1592006221. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=49kTAQAAIAAJ>>. Citado na página 20.

MICROSOFT. **Get Minecraft for Your Classroom | Minecraft Education**. 2016. <<https://education.minecraft.net/>>, Last accessed on 2025-06-07. Disponível em: <<https://education.minecraft.net/>>. Citado na página 21.

OMUNA, A. M.; GOULART, T. C. K. A gamificação como alternativa na aprendizagem de programação. **Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa**, v. 39, n. 76, p. e2875–e2875, 2023. Citado na página 15.

PETRI, G.; WANGENHEIM, C. G. von; BORGATTO, A. F. Meega+: Um modelo para a avaliação de jogos educacionais para o ensino de computação. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 27, n. 3, p. 52–81, set. 2019. Disponível em: <<https://journals-sol.sbc.org.br/index.php/rbie/article/view/4576>>. Citado na página 15.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. d. **Metodologia do Trabalho Científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2th. ed. Novo Hamburgo, RS: Editora Feevale, 2013. ISBN 978-85-7717-158-3. Citado na página 24.

RODRIGUES, J.; BATISTA, E. Ensino do ciclo pdca com o minecraft education nos cursos de aprendizagem profissional. In: **Anais do XXIX Workshop de Informática na Escola**. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2023. p. 562–572. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/wie/article/view/26341>>. Citado na página 21.

SANTOS, E. F. dos et al. O uso do construtivismo no ensino do pensamento computacional para crianças: um relato de experiência. In: **Anais da XVIII Jornada de Iniciação Científica e Extensão (JINCE)**. Ouricuri, PE, Brasil: Instituto Federal do Sertão Pernambucano (IFSertãoPE), 2023. v. 18, n. 1. Citado na página 15.

- SHUTE, V.; VENTURA, M. **Stealth Assessment: Measuring and Supporting Learning in Video Games**. The MIT Press, 2013. ISBN 9780262315210. Disponível em: <<https://doi.org/10.7551/mitpress/9589.001.0001>>. Citado na página 21.
- SILVA, G. C. da; OLIVEIRA, L. C.; FERNANDES, S. R. Proposta de ensino de arquitetura de computadores com gamificação e realidade aumentada. **International Journal of Computer Architecture Education (IJCAE)**, v. 7, n. 1, p. 39–47, 2018. Citado 6 vezes nas páginas 14, 15, 16, 19, 20 e 25.
- SOUZA, C. V. d. **Gamificação na educação superior: experimentações na docência**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Pernambuco, 2017. Citado na página 15.
- TONHÃO, S. et al. Um estudo sobre o uso de worked examples e gamificação para apoiar o ensino de engenharia de software. In: **Anais do XXXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2023. p. 548–559. ISSN 0000-0000. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/26692>>. Citado na página 15.
- VIGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 4. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991. 168 p. (Psicologia e pedagogia. Nova série). Tradução de: Mind in society: the development of higher psychological processes, dos originais em russo. Seleção de ensaios do autor. ISBN 8533600240. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 20.
- WANGENHEIM, C. Gresse von; PETRI, G.; BORGATTO, A. Usando meega/meega+ para a avaliação de jogos educacionais: uma retrospectiva. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 33, p. 943–971, 08 2025. Citado 3 vezes nas páginas 15, 28 e 49.
- WATERMAN, A.; ASANOVIĆ, K. **The RISC-V Instruction Set Manual, Volume I: User-Level ISA, Document Version 20191214-draft**. USA, 2019. Citado na página 40.
- WAZLAWICK, R. S. **Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação**. 3. ed. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2020. v. 3. Citado na página 24.

Apêndices

APÊNDICE **A**

Desafios

Para os desafios desenvolvidos, as Figuras 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 e 15 ilustram a implementação realizada para a seção de Sistemas Digitais da experiência, enquanto as Figuras 16, 17, 18, 19, 20, 21 e 22 ilustram os desafios da seção de Arquitetura e Organização de Computadores, já incorporando os aspectos da estética definida na Seção 5.2.



Figura 8 – Desafio SD-01

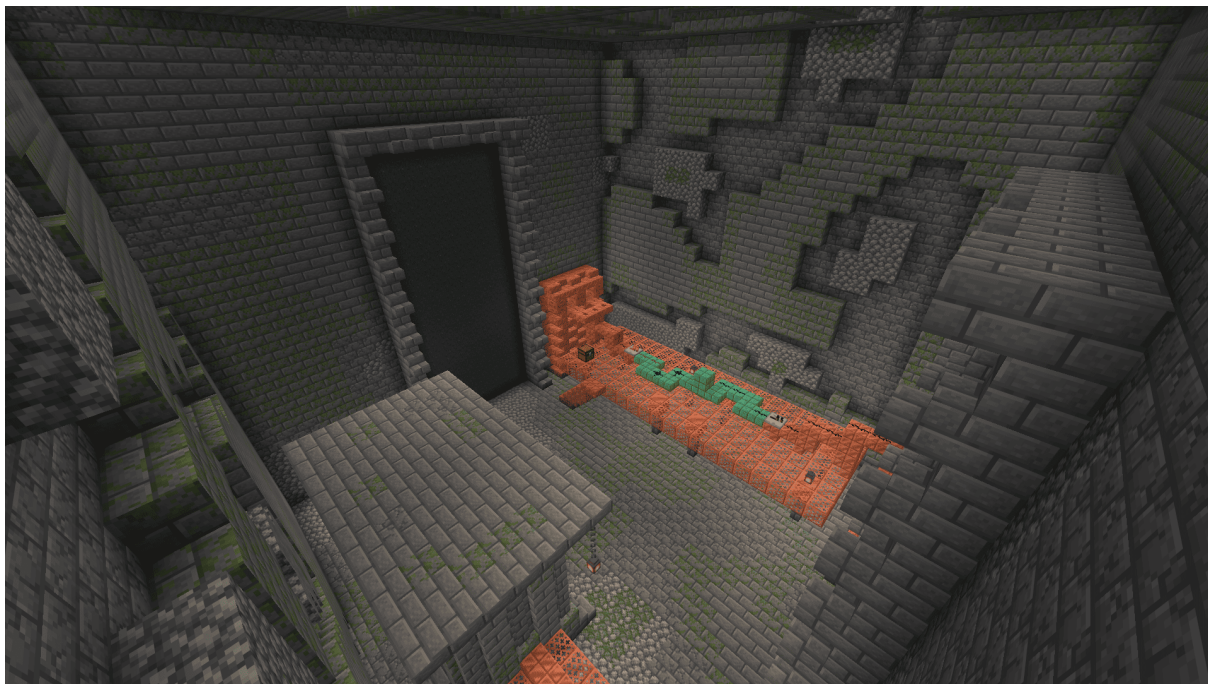


Figura 9 – Desafio SD-02



Figura 10 – Desafio SD-03

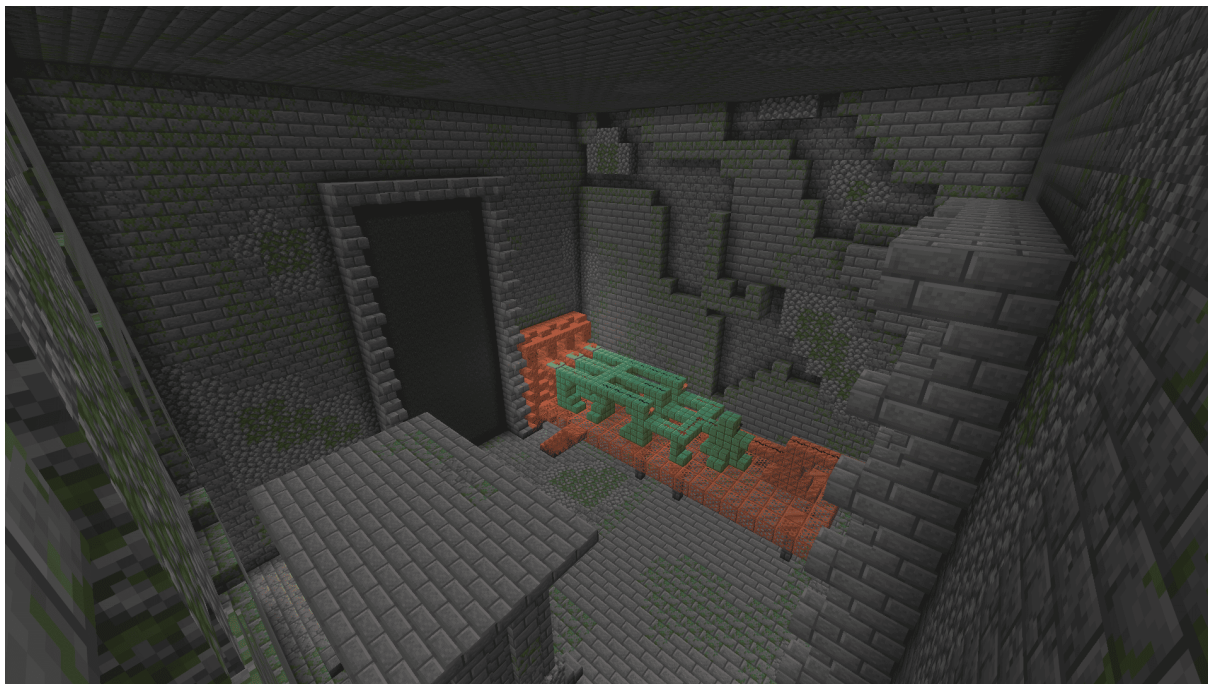


Figura 11 – Desafio SD-04

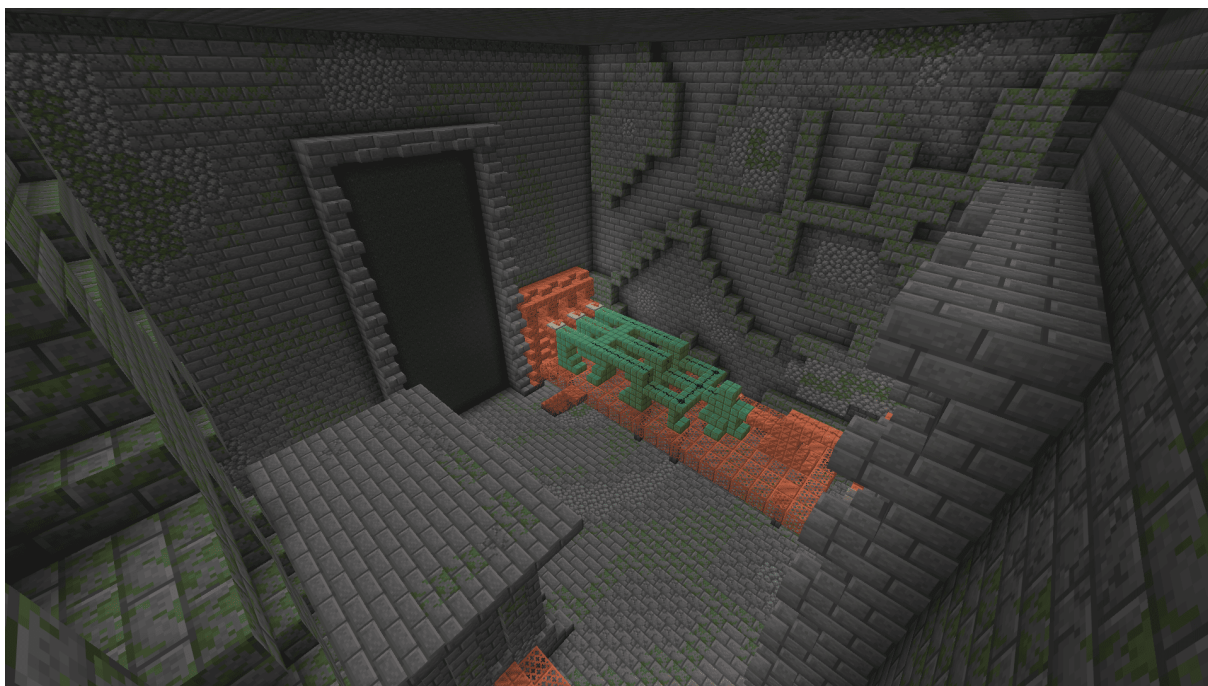


Figura 12 – Desafio SD-05

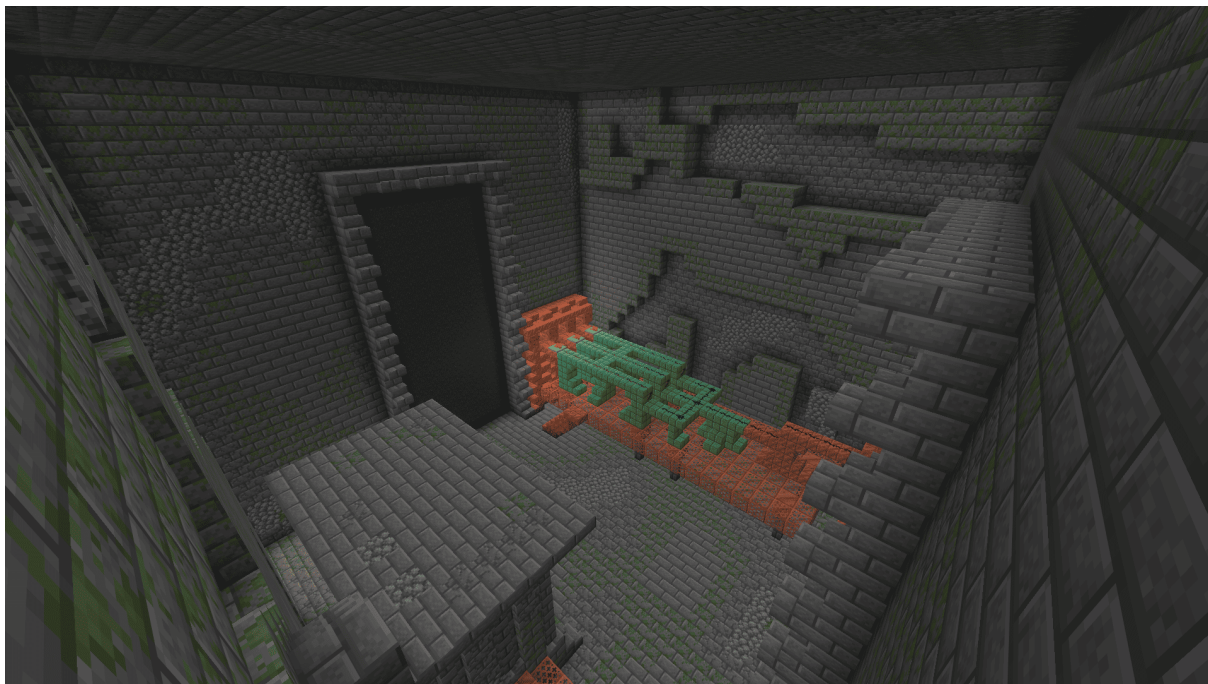


Figura 13 – Desafio SD-06



Figura 14 – Desafio SD-07



Figura 15 – Desafio SD-08



Figura 16 – Desafio AC-01

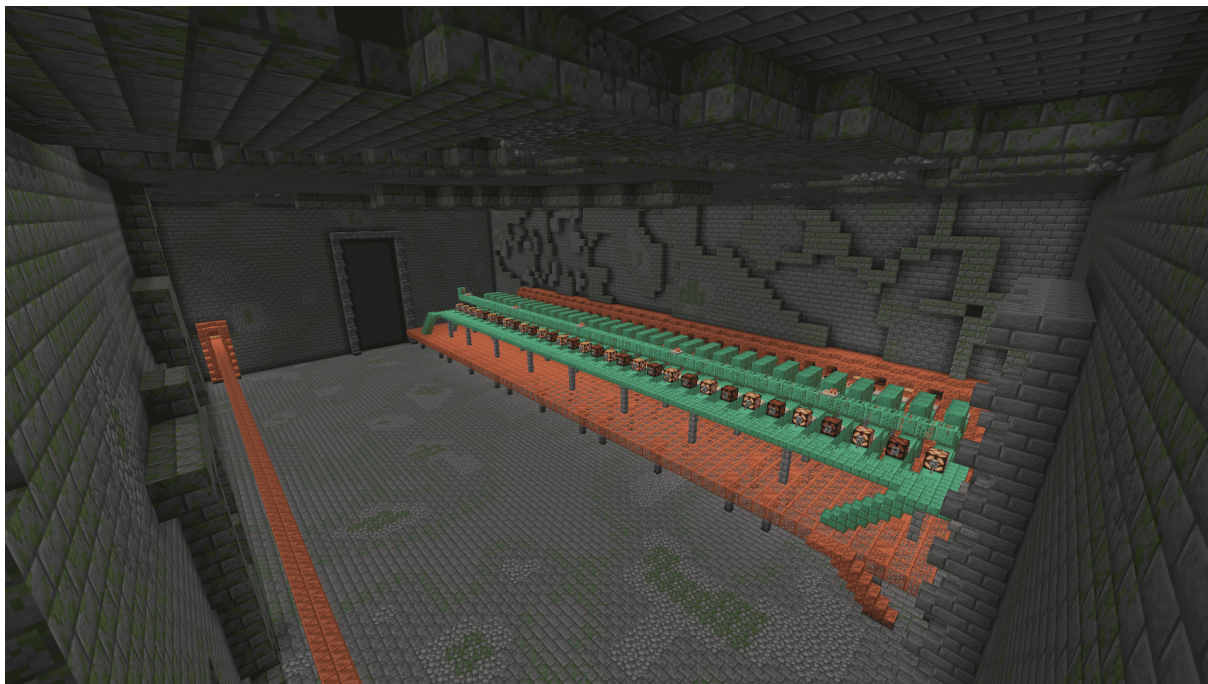


Figura 17 – Desafio AC-02

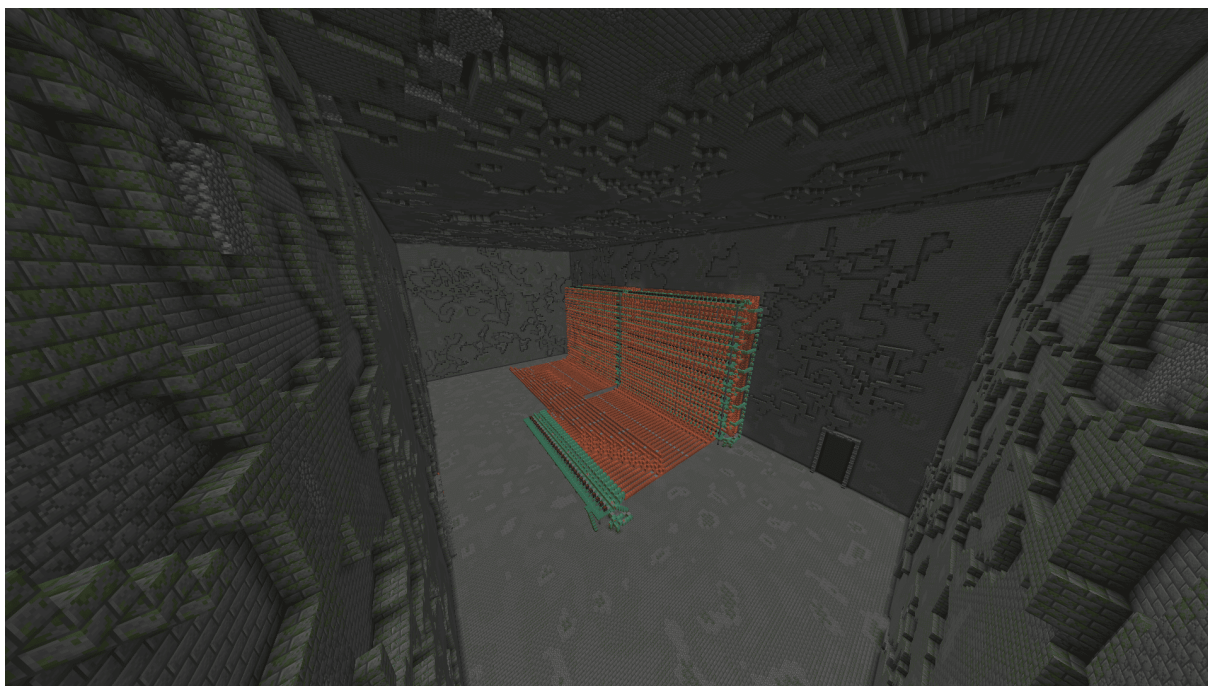


Figura 18 – Desafio AC-03



Figura 19 – Desafio AC-04



Figura 20 – Desafio AC-05

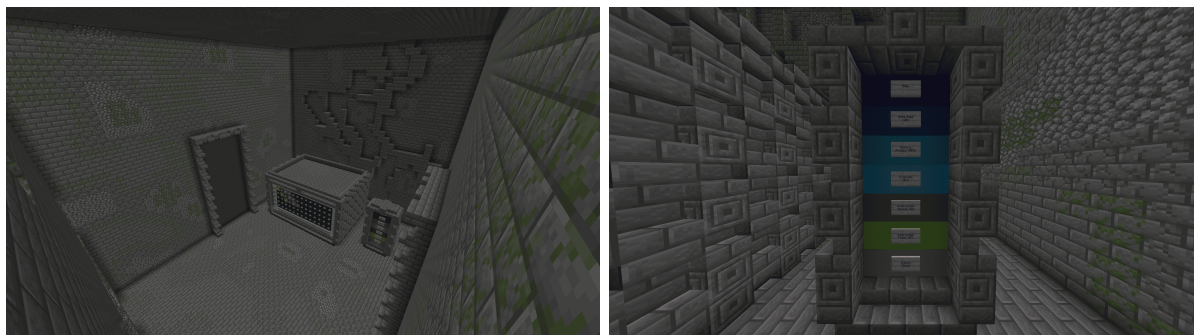


Figura 21 – Desafio AC-06

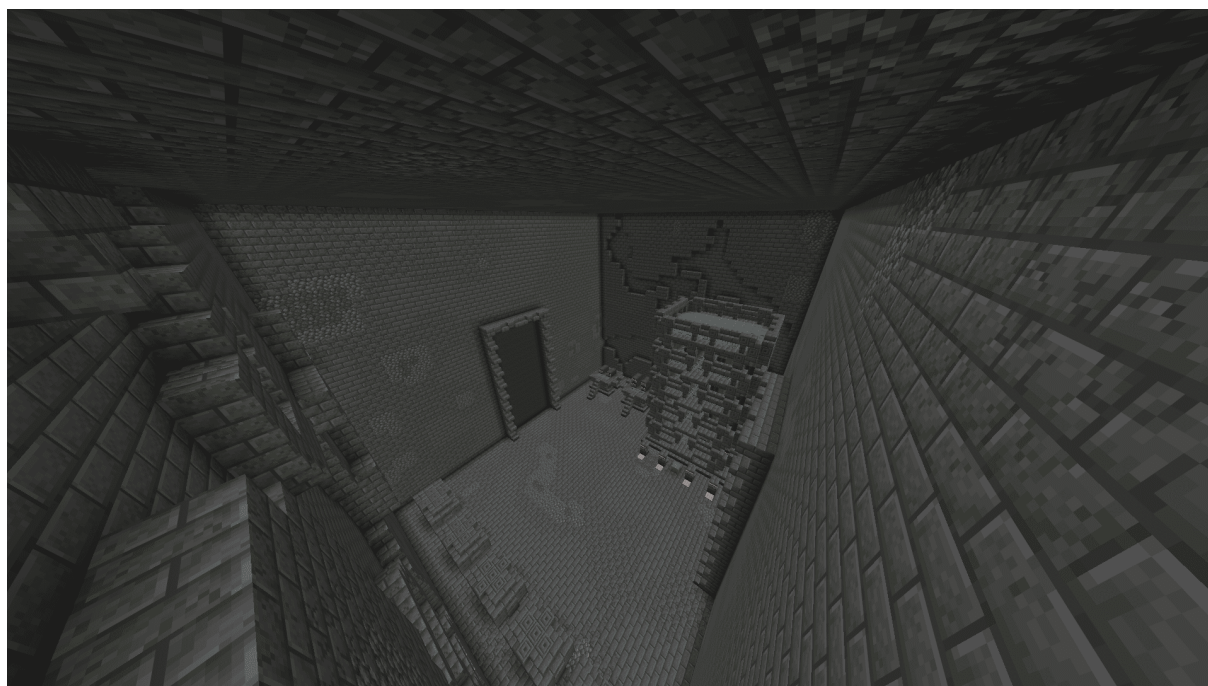


Figura 22 – Desafio AC-07

APÊNDICE **B**

Panorama

Para a experiência desenvolvida, as Figuras 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30 e 31 apresentam diferentes áreas presentes na implementação, incorporando os desafios, narrativa e estética desenvolvidos no Capítulo 5.

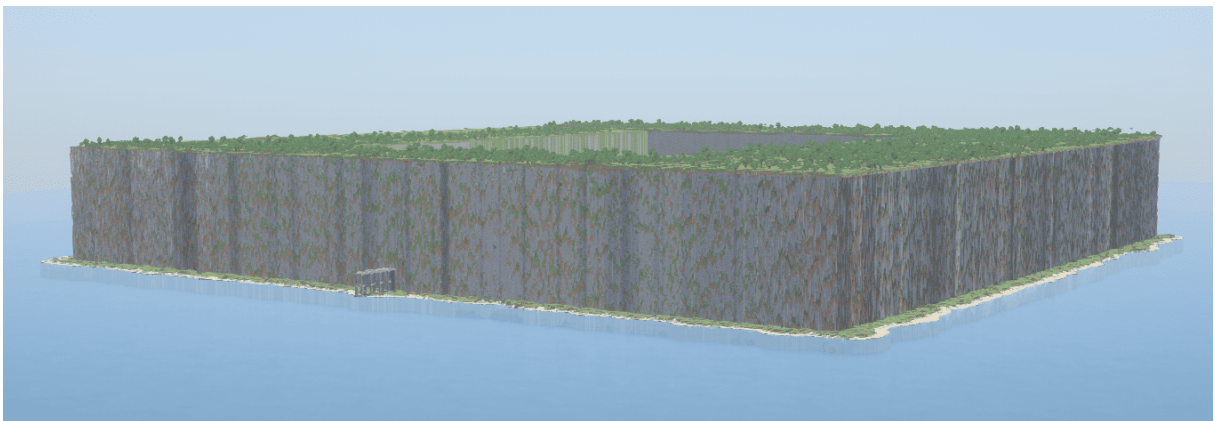


Figura 23 – Panorama Geral do RISCraft-V

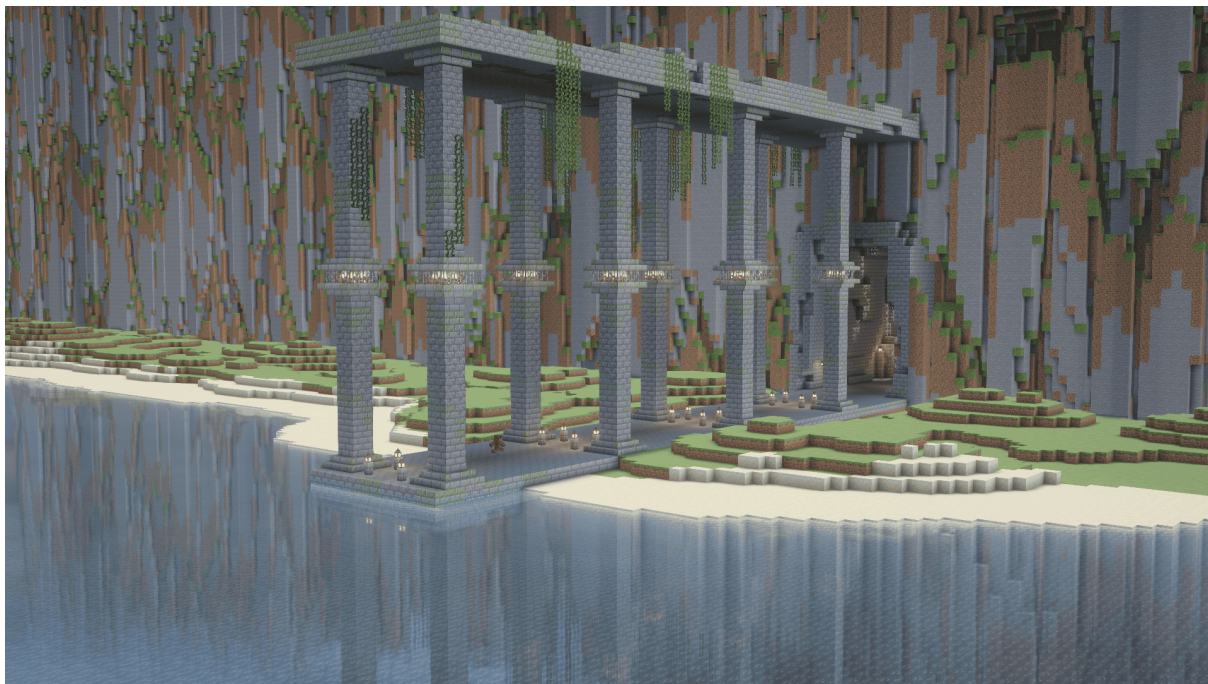


Figura 24 – Entrada do RISCraft-V



Figura 25 – Estudante Iniciando no RISCraft-V

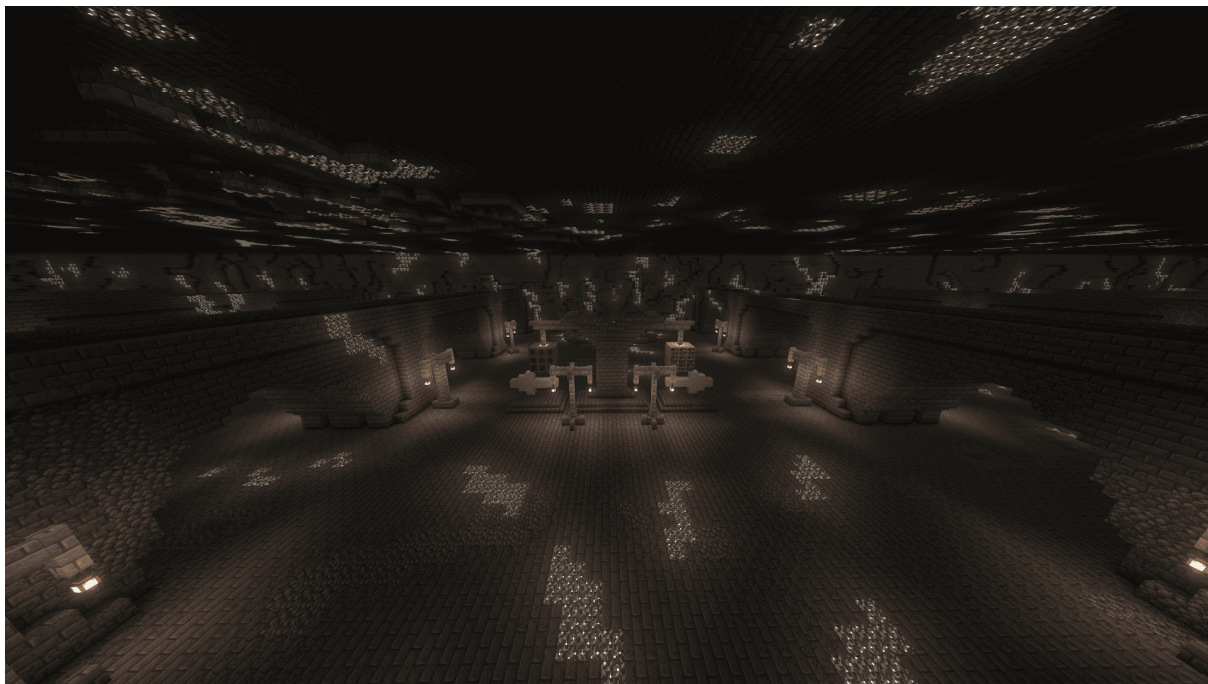


Figura 26 – Área Inicial do RISCraft-V



Figura 27 – Entrada da Sala A do Desafio SD-01

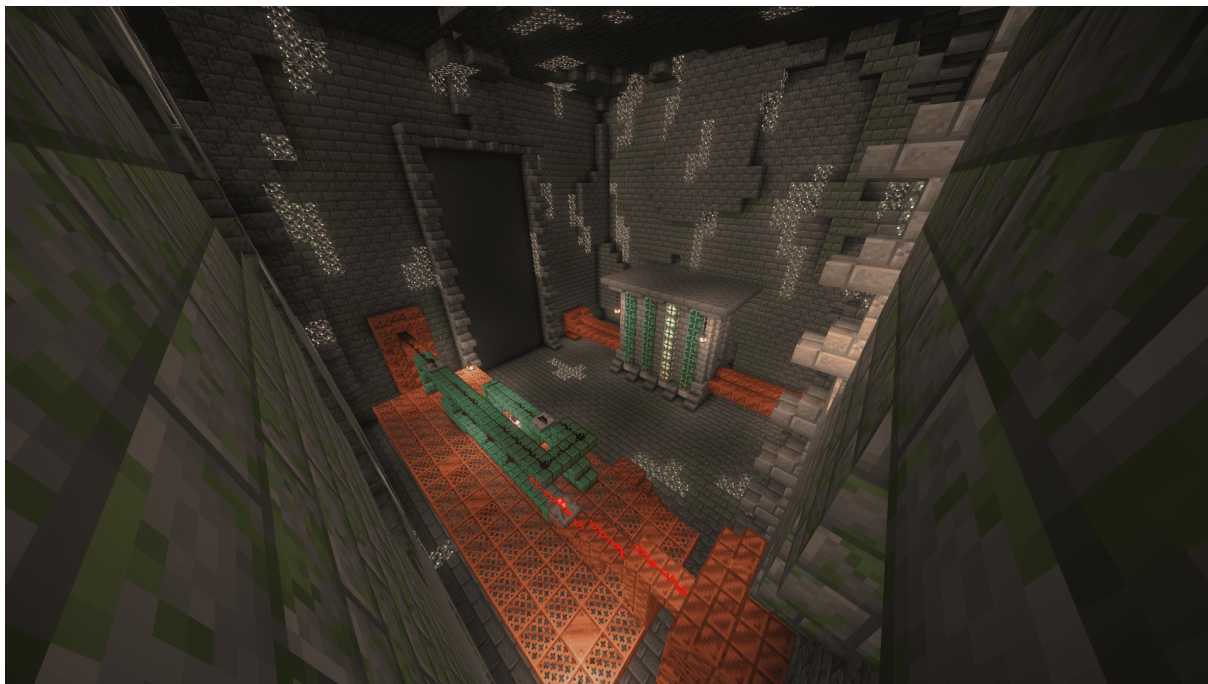


Figura 28 – Sala A do Desafio SD-01



Figura 29 – Sala B do Desafio SD-01

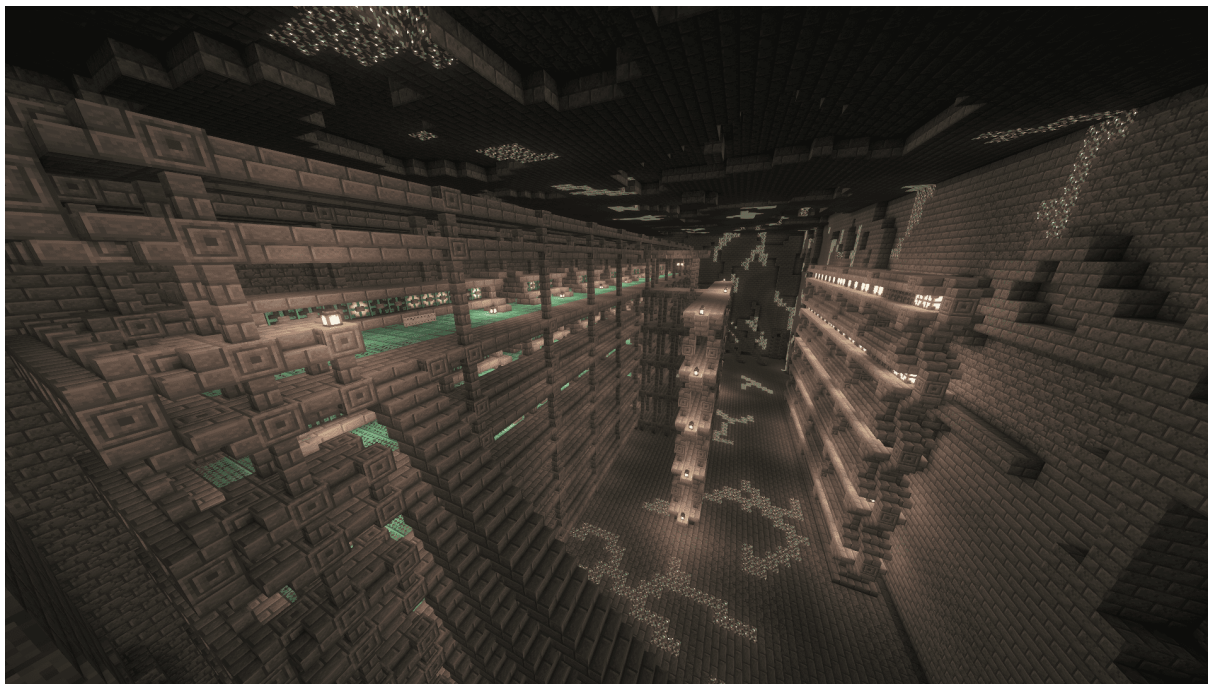


Figura 30 – Sala A do Desafio AOC-04



Figura 31 – Sala B do Desafio AOC-04